

## Bauausführung des Tunnels bei Bischofshofen auf der Salzburg-Tiroler Bahn.

Von

**C. J. Wagner,**

Ingenieur der k. k. priv. Kronprinz Rudolfbahn-Gesellschaft.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 31, 32 und 33.)

Von der Linie Salzburg-Wörgl der Giselabahn zweigt vom Bahnhofe Bischofshofen die Seitenlinie nach Selzthal zum Anschlusse an die k. k. priv. Kronprinz Rudolfbahn ab.

Zur Erreichung des Ennstales entwickelt sich die Linie im Fritzthale, einem Seitenthale des Salzachgebietes. Das Fritzthal ist in seiner untersten Partie, bevor der Fritzbach in die Salzach mündet, eine enge Schlucht, welche, im Werfner Schiefer eingeschnitten, eine ausserordentlich schwierige Bahnanlage bedingt und für den Betrieb stete Gefahren durch Rutschungen geboten hätte. Durch Anwendung von grösseren Steigungen im Maximum 1:45 wird die Wasserscheide (Eben) zwischen der Salzach und Enns erstiegen, und um die vorerwähnten Schwierigkeiten in der Fritzschlucht zu umgehen und eine Verkürzung der Anschlusslinie zu erreichen, wurde durch den Kreutzberg, welcher die Trennung zwischen dem Salzach-Thalbecken bei Bischofshofen und der Fritzschlucht bildet, ein Tunnel in der Länge von 708·06<sup>m</sup> (Fig. 2) hergestellt.

Die Richtung des Tunnels folgt von Bischofshofen aus zuerst einem Bogen von 260<sup>m</sup> Radius, dann einer Geraden von 362·57<sup>m</sup> Länge und schliesslich einem im Sinne des ersten gelegenen zweiten Bogen von 300<sup>m</sup> Radius.

Das vom Tunnel durchsetzte Gestein gehört den unteren Lagen der Trias, dem sogenannten Werfner Schiefer an.

Das Gestein im Tunnel wechselt, und zwar in der Art, dass, von der Fritzthalseite her, zuerst die oberen Schichtungsglieder des Werfner Schiefers (sandige Schiefer) durchsetzt werden, welche in der Richtung gegen Bischofshofen sich in ihrer Qualität bessern, und als Uebergang zum bunten Sandstein angesehen werden können.

In dem sandigen Schiefer, welcher Farben-Variationen von roth bis in das violett und von grau bis in das grünliche zeigt, finden sich die demselben eigenartigen Uebergänge in Letten, sowie dünne Schichten desselben eingelagert.

Das Auftreten von grösseren Quarztheilchen im Schiefer geht mit der zunehmenden Festigkeit des Gebirges in der Richtung gegen Bischofshofen Hand in Hand. Auch zeigen sich in diesen Theilen Schichten von grösserer Mächtigkeit, und das Korn des Gesteines ist hier ein gleichmässig fein krystallinisches.

Die Schichtung ist eine stark wellenförmige, Blatt 31, Fig. 1, was durch wiederholte Hebungen in der Längsachse des Gebirges entstanden sein mag.

In den festeren Schichten haben die Hebungen starke Zerklüftungen und Risse erzeugt, und die dadurch gebildeten Hohlräume sind theils von Kalkspath, theils von Spatheisenstein-Kristallen ausgefüllt.

Der Kalkspath erscheint auch in Drusenansätzen, ausserdem findet man noch häufige Einschlüsse von Arragonit-Kristallen, seltener Einschlüsse von Eisenglimmer, sowie Spuren von Steinsalz.

An den beiden Tunnelmündungen sind die Sandschieferschichten durch vorlagernde grössere, theils gebundene Schottermassen überdeckt, die einige zwischenlagernde Conglomeratbänke in sich schliessen.

Der Wasserandrang war ziemlich wechselnd, was wohl durch die Zerklüftung des Gesteines begründet war, und kann im Durchschnitte per Minute und Querschnittsfläche des Stollenortes (6·25<sup>m</sup><sup>2</sup>) mit 10<sup>kbdm</sup> angenommen werden.

Die allgemeinen Vorschriften, die den Tunnelbauten der Salzburg-Tiroler Bahn zu Grunde gelegt wurden, sind:

- a) die zweigeleisige Anlage der Tunnels;
- b) die Durchführung der Lichtfläche und Mauerstärken nach vereinbarten Typen, von welchen bei dem Baue dieses Tunnels bloss die Typen Blatt 31, Fig. 3 und 4 zur Anwendung gelangten, und zwar:

Profil II. Für tragfähiges Gestein, welches den atmosphärischen Einflüssen nicht vollkommen Widerstand leistet, und wo ein Ablösen von Stücken durch stellenweise Zerklüftung möglich erscheint.

Profil III. Für lockeres, zerklüftetes Gestein, von Quellen stark durchzogen oder aufgeweicht, welches eine besondere Stützung nothwendig erscheinen lässt;

- c) die Situierung der Nischen von 50 zu 50<sup>m</sup> abwechselnd rechts und links der Bahn;
- d) die Ableitung des Wassers durch eine Dohle in der Tunnelachse, je nach der Beschaffenheit der Tunnelsohle trocken oder in Mörtel hergestellt;
- e) die Herstellung der Gewölbsmauerung aus Hackelsteinen, die der Widerlags-Mauerung aus Bruchsteinen in horizontalen Lagen abgeglichen.

Der zur Mauerung verwendete Mörtel wurde in den ganz trockenen Sectionen des Tunnels mit magerem, in den feuchten und nassen jedoch mit hydraulischem Kalk (Roman-Cement) zubereitet.

Der Bau des Tunnels bei Bischofshofen wurde von der Bauunternehmung „Carl Freiherr von Schwarz und die Oesterreichische Eisenbahn-Baugesellschaft“, welche die Herstellung der ganzen Salzburg-Tiroler Bahn (Giselabahn) von der k. k. priv. Kaiserin Elisabethbahn-Gesellschaft übernommen hatte, durchgeführt.

Als Betriebssystem für diesen Tunnelbau wurde das belgische gewählt.

Es wurde von beiden Seiten mit dem Vortreiben des Firststollens begonnen, welcher mit einer Höhe von 2·5<sup>m</sup> und einer durchschnittlichen Breite von 2·5<sup>m</sup>, somit mit einer Querschnittsfläche von 6·25<sup>m</sup><sup>2</sup> ausgeführt wurde. (Blatt 32, Fig. 7 und 10.) In demselben waren am Orte vier Mineure mit einmännigen Gussstahlbohrern von 30<sup>mm</sup> Durchmesser und 5 bis 6<sup>kg</sup> schweren Handfäusteln zum Vortrieb und je nach der Festigkeit des Gebirges zwei bis vier Mann mit der Material-Förderung beschäftigt, welche das Material

mit Schiebtruhen direct in die für den Gewölbsausbruch bereit stehenden Rollwagen zu verfahren hatten. Es wurde im Firststollen anfangs ein zweimaliger Schichtwechsel in 24 Stunden vorgenommen und erst später, als die Luft durch die bedeutende Länge des Stollens sehr schlecht zu werden begann, gelangte ein viermaliger Schichtwechsel zur Anwendung.

Die Zimmerung bildet im Firststollen meist nur eine Abbölung des Firstes; die Seitenwände konnten frei gelassen werden, nur ober dem Kappholze wurde ein Bohlenbelag gegeben. Gegen die Mitte des Tunnels konnte ein Theil auch ohne Bölung belassen werden.

Mit dem Vordringen des Stollens gleichen Schritt haltend, wurde circa 20<sup>m</sup> vom Stollenorte mit der Ausweitung der Calotte begonnen (Blatt 32, Fig. 5, 6; Blatt 33, Fig. 20, 21), deren Sohle im Allgemeinen 0·5<sup>m</sup> über der eigentlichen Kämpferhöhe gehalten wurde.

Je nach der Gesteinsgattung wurde bei guter, nämlich fester Qualität, sogleich bis zur Kämpferhöhe durchgeschlitzt (Blatt 32, Fig. 5 und 6; Blatt 33, Fig. 10, 11, 12), die Aufstellung von Bockgestellen zur Sicherung gegen Gesteinsablösungen am First, wo es erforderlich war, vorgenommen und mit der Ausweitung der Calotte in der oberen Etage begonnen. Hierdurch wurde eine directe Verladung des gewonnenen Materiales in die Rollwagen erzielt.

Bei geringerer Festigkeit des Gesteines wurde vom Firststollen aus mit der Ausweitung (Blatt 32, Fig. 6, 7, 8, 9) begonnen, und nach der Sicherung eines Theiles der Peripherie der Calotte mit der Durchschlitzung nach unten vorgeschritten.

Bei der Ausweitung des Gewölbraumes waren die Mineure theils einmännig, theils zweimännig mit dem Bohren beschäftigt.

Das Caliber der zur zweimännigen Bohrung verwendeten Bohrer betrug 40<sup>mm</sup>, das Gewicht der Schlägel 7<sup>kg</sup>.

Die einmännigen Bohrer wurden mehr zum Ausbruche nahe an dem Ausbruchsprofil selbst verwendet.

Die Aufstellung der Zimmerung wurde sowohl im Firststollen, als auch in den späteren Ausbrüchen durch die Mineure besorgt.

Je nach der Qualität des Gesteines wechselte die Distanz der Gesperre zwischen 1·70 und 2<sup>m</sup>, die der Kronbalken von 0·90 bis 1·20<sup>m</sup>.

Dem Vordringen des Gewölbausbruches entsprechend, hielt man mit der Gewölbsmauerung gleichen Schritt.

Die Ringlänge, welche im Allgemeinen auf 7<sup>m</sup> festgesetzt war, variierte sowohl im Ausbruche, sowie in der Mauerung je nach der Festigkeit des Gebirges zwischen 2·90<sup>m</sup> bis zum Maximum von 9·30<sup>m</sup> (Blatt 32, Fig. 5, 6).

Der Ansatz der Gewölbsmauerung erfolgte auf einem in Sand gebetteten Langpfosten von 50<sup>mm</sup> Stärke. Die durchschnittliche Ueberhöhung des Gewölbscheitels war 100 bis 150<sup>mm</sup>, in Ausnahmefällen wurde selbe nach Bedarf noch vermehrt.

Die Lehrbögen, deren Construction aus den Schnitten Blatt 33, Fig. 13, 14 zu ersehen ist, wurden im Allgemeinen

aus weichem Holze hergestellt. Die Eintheilung derselben war derart, dass man an jedem Ring-Ende einen gezimmerten, und nur in den mittleren Theilen des Ringes Bohlenbögen in Verwendung brachte, um eine grössere Steifigkeit in die Construction zu bringen.

Die Anlage der Entwässerung wurde sowohl im Gewölbe, als in den Widerlagern durch systematisch angeordnete Schlitzte durchgeführt. In den nassen Sectionen des Tunnels wurde die Anzahl der Schlitzte entsprechend vermehrt.

In einigen Ringen, wo der Wasserzudrang am bedeutendsten war, wurden im Gewölbe eiserne Wasser-Ableitungsröhren zur Anwendung gebracht, um ein sofortiges Zutagetreten des Wassers zu bewerkstelligen. In diesen Sectionen musste natürlich die Hintermauerung mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden, um ein Abfließen des Wassers im Mauerwerk zu verhindern.

Die Abdeckung des Gewölbsmauerwerkes erfolgte durch eine solide Abgleichung der Hintermauerung, bei grösserem Ausbruche wurde der Hohlraum mit Rücksicht auf die Entwässerungs-Anlage trocken ausgeschlittet; war die Differenz mit dem des Ausbruches derart, dass ein solides Abgleichen nicht mehr stattfinden konnte, so wurde an dem Ausbruch satt angemauert.

Eine besondere Betonschichte wurde nur an den zu Tag ausgeführten Portalen und anschliessenden Ringen durchgeführt.

Die Portale wurden gegen die Tunnelröhre im Gewölbe mit Schliessen eingebunden, um einem allfällig in der Achse nach aussen auftretenden Schub entgegen zu wirken; da die beiden Tunnelmündungen in einer dem Sandschiefer vorgelagerten, theils gebundenen Schotter-schichte liegen.

Die Lehrgerüste, welche sich in einer Entfernung von 1·5 bis 1·7<sup>m</sup> befanden, wurden nach Schluss des betreffenden Gewölbes circa 14 Tage mit nachgelassenen Keilen noch belassen und nach Ablauf derselben der Ring vollkommen ausgeschalt, hierauf bei stark aufgeweichtem Fels von Kämpfer zu Kämpfer Spannriegel eingezogen (Blatt 33, Fig. 18, 19), um den Fuss des Gewölbes bis zur Vollendung der Unterfangung zu sichern.

Nachdem die Calotte in einer grösseren Anzahl Ringe gewölbt war, wurde mit dem Aushube des Kernes, respective mit der Herstellung der Widerlager begonnen. Der Vortrieb eines Seitenschlitzes in der Breite des halben Profiles wurde zu diesem Behufe längs einer Widerlagerseite ausgeführt.

Die Sohle dieses Schlitzes war die des Fundamentes der herzustellenden Widerlager.

Parallel dem Vorschreiten des erwähnten Kernaushubes, welcher mit Bohrstangen und zweimännigen Bohrern von 40<sup>mm</sup> Durchmesser erfolgte, wurde von der zur Mauerung der Widerlager bestimmten Arbeiterpartie mit der Ausprengung und Unterfangung in den Widerlagern vorgegangen.

Die Aussprengung der Widerlager erfolgte mit kleinen Schüssen, deren Bohrlöcher mittelst einmänniger Bohrer hergestellt wurden.

Die Sprengungen selbst wurden auch hier, sowie im Uebrigen in den trockenen Sectionen mit Pulver, in den nassen mit Dynamit ausgeführt, mit Ausnahme des Firststollens, wo ausschliesslich letzteres zur Verwendung kam.

Bei dem Vortrieb des Schlitzes von der Tunnelsohle wurde dann auf die nothwendig werdende Umlegung der Rampe Rücksicht genommen, und nach Vollendung derselben mit der Herstellung der entgegengesetzten Widerlager begonnen.

Die Unterfangung der Widerlager erfolgte immer nur auf einer Seite, je nach der Bonität des Gebirges auf  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Länge eines Ringes, und zwar wechselweise, so dass stets ein Theil des zu unterfangenden Ringes entweder durch das Gebirge oder durch eine schon gemauerte Widerlager-Section gestützt war.

Um eventuelle Ringsenkungen hintanzuhalten, wurden an den Ring-Enden stets Uebergreifungen des Widerlagers mit dem Nachbarring auf 1.0 bis 1.5<sup>m</sup> Länge bewerkstelligt.

Die durch die Fig. 18 und 19 dargestellte Unterfangungsart wurde bei stark erweichtem, weniger festem Gebirge oder bei Zerklüftung der Ausbruchfläche angewendet.

Eine stärkere Unterfangungs-Anlage wurde für die im Tunnel bei Bischofshofen vorkommenden Fälle nicht nothwendig.

Für die Unterfangungsständer wurden in einer Entfernung von 1.5 bis 1.8<sup>m</sup> Schlitz unter das Widerlags-Mauerwerk eingetrieben, die Ständer aufgestellt und dann mit dem Vollausschub des Widerlagers begonnen.

Die bei der Unterfangung in Verwendung gekommenen Ständer waren 0.3<sup>m</sup> im Durchmesser stark und wurden sanft gegen die Verticale geneigt, eingesetzt.

Das Gewölbe wurde, wie schon oben erwähnt, bei ungünstigen Gebirgsverhältnissen am Kämpfer durch Spannriegel abgespreizt, welche in gleicher Distanz wie die Unterfangungsständer und ober denselben eingezogen wurden.

Die Förderung des Materiales erfolgte vom Firstorte mittelst Schiebtruhens direct in die Rollwagen, welche das Materiale in der Calotten-Ausweitung aufzunehmen hatten.

Die Verbindung an jenen Stellen, wo schon die Calotte geschützt war und die Bockgestelle errichtet waren, wurde über einen Bohlenbelag erzielt, der, in der Sohlenhöhe des Stollens auf Spannriegeln ruhend, zwischen den Bockstellen angebracht war. (Blatt 32, Fig. 5, 6; Blatt 33, Fig. 20, 21.)

In der Calotte wurde entweder bei günstigen Gebirgsverhältnissen die sofortige Durchschlitzung des Firststollens nach unten vorgenommen, somit eine directe Verladung des gewonnenen Materiales in die Rollwagen möglich, oder es musste, bei successiver Ausweitung der Calotte vom Firststollen aus, das Material bis zum vollaussgeweiteten Calotten-

theile, wie in vorgeschriebener Weise, mittelst Schiebtruhens über einen Bohlenbelag transportirt werden.

Die Rollbahn wurde in der Calotte in die Achse derselben gelegt und zweigte beim Eintritt in die vollendeten, ausgetüpteten Gewölbränge an die Seite eines Widerlagers ab, bis sie, das Niveau der Tunnelsohle erreichend, sich durch einen Wechsel an das Hauptgeleise des Sohl Schlitzes anschloss, welches, je nach dem Stande der Widerlags-Mauerung, an das rechte oder linke Widerlager zu liegen kam, und in das, je nach Bedarf, Ausweichen zur Kreuzung der Materialzüge eingeschaltet wurden.

Die Vermittlung der Niveaudifferenz der beiden Etagen, welche einerseits durch den Ausbruch für die Calotte in der Kämpferhöhe, anderseits durch die Tunnelsohle (im Kernausschub) gegeben waren, geschah durch eine im natürlichen Gesteine belassene Rampe, welche sich möglichst an die Gewölbsfläche, respective Widerlagerflucht anschmiegte, und deren Anlage aus Blatt 31, Fig. 20, 21 zu ersehen ist.

Die Maximalsteigung der Rampen war mit 1:16 durchgeführt. Die Rollwagen wurden in der Steigung mit Pferden gezogen, wobei vier Wagenzüge an jeder Tunnelmündung zu gleicher Zeit beschäftigt wurden, zwei für die Calotte, zwei für den Sohl Schlitz und die Widerlags-Ausweitung.

Jeder Zug benötigte zwei bis drei Pferde, welche mittelst durchlaufender Stränge durch die Wage mit den Rollwagen in Verbindung standen.

Durch einen Riegel konnte eine Auslösung des Gespannes von der Zugkette rasch bewerkstelligt werden.

Die zwei Wagenzüge für Sohl Schlitz und Calotte verkehrten gleichzeitig mit den leeren Material-Förderungs- und beladenen Baumaterial-Wagen in dem Tunnel, stellten sich auf die Ausweiche *w* (Blatt 33, Fig. 21) und erwarteten den Auslauf der zwei im Tunnel befindlichen Züge der leeren Baumaterial-Wagen und der beladenen Material-Förderungswagen, wobei jede Sorte der Wagen für sich gekuppelt den Tunnel verliessen.

Bei jedem Wagenzuge war im Gefälle jeder zweite Wagen mit einer sicheren Bremse versehen; die Verständigung des Abgehens der Züge erfolgte mit akustischen Signalen. Sobald der vom Tunnel ausfahrende Zug die Weiche passirte, setzten die bereitstehenden zwei Züge ihren Weg fort, wobei der in die Calotte fahrende bei grösserer Wagenanzahl getheilt über die Rampe gezogen wurde.

Die letzt besprochenen Verhältnisse beziehen sich auf die südliche Tunnelseite, an der östlichen Seite waren die Verhältnisse durch das Fallen der Nivelette nach innen, entgegengesetzt.

Die Kippwagen waren französischer Construction, und unter Anwendung eiserner Kipplager sehr solid gebaut.

Die durch Grösse und dadurch bedingtes bedeutendes Eigengewicht, sowie durch die hohe Lage der Kastensohle erwachsenden Nachtheile wurden durch den Vortheil der grossen Leistungsfähigkeit paralisirt; sie fielen insbesondere

bei diesem Baue wenig in die Wagschale, weil erstens durch die zweigeleisige Anlage des Tunnels genügend Raum vorhanden war, zweitens Schienen des definitiven Oberbaues zur Rollbahn verwendet und drittens keine besonderen Gerüstschüttungen auf den Material-Depoiten nothwendig wurden.

Die Ladungsfähigkeit betrug  $1.5^{k_{bm}}$ , die Spannweite  $1.0^m$ , die Höhe des Wagen-Plateaus über das Schienen-Niveau  $1.14^m$ , welche Höhe durch die  $56^{cm}$  messenden Räder und die darüber angebrachte Kippvorrichtung bedingt ist.

Die Entladung dieser Wagen ist eine vollkommen selbstwirkende.

Die Bremsvorrichtung besteht aus einem Holzkeile, der zwischen die beiden Räder auf der einen Seite des Wagens durch die Wirkung eines Hebels eingezwängt werden kann.

Zur Umlegung der Rollbahn, welche durch den Wechsel der Rampen hervorgerufen wurde, genügte eine Nachtschicht, während welcher Zeit das gewonnene Material an der Gewinnungsstelle deponirt blieb und in der nächsten Tagschicht erst zur Verführung gelangte, was keine besondere Störung verursachte.

Was die Ventilation betrifft, so war am östlichen Tunnel-Ende, durch das starke Gefälle nach Innen, keine besondere Vorrichtung nothwendig; an der südlichen Seite wurde anfangs ein Centrifugal-Ventilator für Handbetrieb aufgestellt, aber, da man einen zu geringen Erfolg damit erzielte, wieder ausser Betrieb gesetzt; man führte anstatt eines zweimaligen, einen viermaligen Schichtwechsel im Firststollen ein. Der übrige Theil war einer natürlichen Ventilation zugänglich, welche von dem abfliessenden Gebirgswasser unterstützt wurde.

An dem östlichen Tunnel-Ende wurde dafür, bis zur vollen Durchschlitzung der Sohle des Tunnels, ein Heben des Wassers zur Entfernung aus dem Tunnel nothwendig; es wurde dieses durch zwei Saug- und Druckpumpen vollständig erzielt. Die Ableitung des Wassers erfolgte mittelst Holzrinnen.

Die Trockenlegung der Rollbahn war wegen des Pferdebetriebes besonders in's Auge zu fassen, um den sehr leicht durch anhaltende Nässe hervorgerufenen Hufkrankheiten und Entzündungen der unteren Fussgelenke der Pferde auszuweichen. Nach der Durchschlitzung der Tunnelsohlen wurde das gesammte Wasser nach der südlichen Tunnelmündung abgeführt und sogleich mit der Herstellung des Sohlencanals (mit  $0.16^m$  Lichtprofil) begonnen, der je nach der Beschaffung des Gesteines der Sohle trocken oder in hydraulischem Mörtel ausgeführt wurde.

Der Bau des Tunnels bei Bischofshofen wurde von Seite der Bauunternehmung von dem Sections-Ingenieur Fritz Passini geleitet, und erfolgte ohne Auftreten von besonderen Schwierigkeiten, bedingt durch die präzise Durchführung der Bauarbeiten wie durch die Güte des Gesteines, welches in der durchtunnelten Länge von  $708.06^m$  nur an einer einzigen Stelle eine stärkere Erweichung zeigte, deren Ausdehnung sich auf circa  $13^m$  Länge der

Tunnelröhre, bei Profil 964 + 35 in den Ringen 27 bis inclusive 30, gegen das östliche Tunnel-Ende erstreckte.

Mit Ausnahme dieser zerklüfteten und durch Gebirgswasser aufgeweichten Schichte und den im Schotter liegenden ersten Ringen nächst den Portalen, beanspruchte der übrige Theil des Tunnels nur eine Verkleidung des Gebirges.

In dem Theile, in welchen die Ringe 27, 28, 29 und 30 zu liegen kamen, erschien im Firststollen beim Vortriebe das Gestein derart erweicht, dass für den Stollen eine vollständige Getriebszimmerung nothwendig wurde.

Bei dem weiteren Vortriebe erhielt das Gestein bald wieder, wie vorauszusehen war, seine früheren Eigenschaften.

Die Bölzung wurde in diesem Theile verstärkt (Blatt 32, Fig. 7, 8, 9; Blatt 33, Fig. 17, 18, 19) durchgeführt, wobei noch zu bemerken ist, dass in diesem Theile ausschliesslich Lärchenholz als Bölzungsmaterial zur Verwendung kam.

Die Mauerung wurde nach Profil III mit Quadern durchgeführt.

Die grösste Druckäusserung war am Scheitel des Gewölbes wahrzunehmen; an einem Theile war ein grösserer Einbruch (Blatt 33, Fig. 17) erfolgt, welcher auch den schwierigsten Punct dieser sogenannten schlechten Stelle bildete.

Gegen die Kämpfer zeigte sich bereits eine Abnahme von Wasser, und es wurde noch durch den später durchgetriebenen Sohlenschlitz das Gebirge weiter entwässert, wodurch die Unterfangung des Gewölbes keine Schwierigkeiten bereitete, da auch anderseits nicht so grosse Ringlängen ausgeführt wurden.

**Tabelle**  
über den Fortschritt im Firststollen.

Jahr	Monat	Oestliche oder Hüttauer Seite			Südliche oder Bischofshofener Seite			Von beiden Seiten zusammen			
		Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Noch zu leisten
1873	Juli .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	708.06
	August...	15.5	15.5	0.74	11.0	11.0	0.52	26.5	26.5	1.26	683.56
	September	38.6	23.1	0.77	37.0	26.0	0.86	75.6	49.1	1.63	634.46
	October ..	59.5	20.9	0.64	63.7	26.7	0.86	123.2	47.6	1.53	586.86
	November	70.1	10.6	0.35	90.9	27.2	0.91	161.0	37.8	1.26	549.06
	December	86.6	16.5	0.53	100.3	9.4	0.30	186.9	25.9	0.83	523.16
	Januar ..	118.5	31.9	1.03	119.1	18.8	0.61	237.6	50.7	1.64	472.46
	Februar ..	133.5	15.0	0.54	139.6	20.5	0.73	273.1	35.5	1.27	436.96
	März ....	165.4	31.9	1.03	173.8	34.2	1.10	339.2	66.1	2.13	370.86
	April ....	190.0	24.6	0.82	197.2	23.4	0.78	387.2	48.0	1.6	322.86
	Mai .....	222.9	32.9	1.06	221.3	24.1	0.77	444.2	57.0	1.83	265.86
	Juni .....	236.0	13.1	0.43	248.0	26.7	0.89	484.0	39.8	1.32	226.06
1874	Juli .....	239.0	3.0	0.09	297.7	31.7	1.02	518.7	34.7	1.11	191.36
	August ..	239.0	0.0	0.0	304.6	24.9	0.80	543.6	24.9	0.80	166.46
	September	239.0	0.0	0.0	327.3	22.7	0.75	566.3	22.7	0.75	143.76
	October ..	243.9	4.9	0.15	352.8	25.5	0.82	596.7	30.4	0.98	113.86
	November	282.6	38.7	1.28	375.0	22.2	0.74	657.6	60.9	2.03	52.46
	December	306.7	24.1	1.09	401.36	26.36	1.20	708.06	50.46	2.29	—

Der Durchbruch erfolgte am 22. December.

Wie aus der vorstehenden tabellarischen Zusammenstellung ersichtlich ist, war, trotz der  $3\frac{1}{2}$  monatlichen Unterbrechung der Arbeiten im Firststollen an der schlechten Stelle (welche in dem hierdurch beeinflussten Vertragsverhältnisse der Bauunternehmung mit den Accordanten begründet war), der Fortschritt für den Vollendungstermin ein sehr günstiger.

Es wurde am 10. August 1873 mit dem Firststollen von beiden Seiten begonnen, am 22. December 1875 erfolgte der Durchbruch desselben, am Anfange Mai 1875 die volle Durchschlitzung der Tunnelsohle und Mitte Juni 1875 war die Gewölb- und Widerlager-Mauerung auf die ganze Tunnellänge vollendet.

Die Gesamtkosten dieses Tunnels stellten sich auf fl. 632.320.—, d. i. per Currentmeter Tunnel fl. 893.10.

In diesem Preis ist der Ausbruch, die Mauerung nach Profil II und III, die Nischen, die Portale und deren Flügel, die Wasserhaltung und die Wasserabzüge, sowie Aufsicht und Administration u. s. w. enthalten.

Ich erlaube mir die im Vorigen gegebene Beschreibung des vor wenigen Jahren ausgeführten Objectes des Bischofshofner Tunnels, bei welchem ich während des grössten Theiles der Bauzeit als staatliches Ueberwachungs-Organ fungirte, hauptsächlich aus dem Grunde zu veröffentlichen, um einen Fall vorzuführen, der die in den meisten technischen Kreisen dem belgischen Betriebssysteme entgegengebrachte Abneigung mildern soll.

Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Anschauung keinen anderen Grund haben kann, als baulich oder finanziell ungünstige Resultate, welche bei Tunnelbauten nach diesem Systeme erzielt wurden.

Die Wahl eines Tunnel-Bausystemes soll nicht schablonenhaft, wie es in den meisten Fällen geschieht, sondern unter genauer Erwägung aller bezughabenden Verhältnisse, d. i. Baetermin, Beschaffenheit des Gesteines, Wasserzudrang, zur Disposition stehende Arbeitskräfte etc. getroffen werden.

Durch Missgriffe in dieser Richtung kann oft das Urtheil über ein System in der Weise beeinflusst werden, dass man den mangelhaften Erfolg dem gewählten Systeme zuschreibt.

Es haben gewiss solche Vorgänge das belgische System gegenüber dem englischen in den Hintergrund gedrängt.

Dass beim Baue des Bischofshofner Tunnels das belgische System gewählt wurde, hatte seinen hauptsächlichsten Grund darin, dass voraussichtlich das zu durchfahrende Gebirge ein ziemlich gutes und gleichförmiges sei, und dass die mit den Arbeiten betrauten Subunternehmer, Gebrüder Saudino, auf das belgische System eingeschulte piemontesische Mineure zur Verfügung hatten, welche Sprengarbeiten mit viel Geschick und Oekonomie durchführen.

Das Hantiren mit einmännigen Bohrern ist eine Specialität der piemontesischen Mineure, welche Eigenschaften dieselben schon beim Baue des Mont-Cenis-Tunnels hinlänglich erproben.

Die Verwendung von ein- und zweimännigen Bohrern zum Ausbruche, sowie die richtige Situirung und Grösse der Schüsse erzielte eine grosse Schonung der Profilflächen und eine Ersparung an unnöthigem Mehrausbruche.

Der Bischofshofner Tunnel gehört sicher zu den am besten und schönsten ausgeführten der Salzburg-Tiroler Bahn, und ist ein Beispiel, bei welchem mit vielem Verständnisse und mit ausserordentlicher Präcision das belgische System zur Durchführung gelangte.

Es wurde nebst der soliden und reinen Mauerwerks-Ausführung eine ungemeine Gleichheit der Ringe erzielt, während man gerade bei Anwendung dieses Tunnel-Bausystemes im Hinblick auf die Gewölbsunterfangung grössere Ungleichheiten der Scheitelsenkung hätte voraussetzen können.

Es würde mir zur Genugthuung gereichen, wenn es mir gelungen wäre, durch Schilderung dieses Baues und des hiebei angewandten Betriebssystemes, die von vielen Ingenieuren demselben entgegengebrachte Antipathie wenigstens insoweit abzuschwächen, dass vorkommenden Falles die Anwendung des belgischen Systemes oder dessen Combination mit einem anderen Betriebssysteme in Erwägung gezogen werde.

## Die Minimalgrösse der Röhrenoberfläche einer Wasserheizung und das relativ sparsamste Ventilations-Volumen.

Von

Dr. Weiss,

o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule zu Brünn.

In dem auf Seite 150 dieser „Zeitschrift“, Jahrgang 1879, enthaltenen Artikel: „Kritische Bemerkungen über die für Wasser-Heizanlagen angewendeten Berechnungs-Methoden“ habe ich nachgewiesen, dass die Formel

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{t_1 + t_0 - \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0} \dots\dots\dots 1)$$

bei Absehung von völlig extremen Fällen fast ganz gleichlautende Resultate liefert, wie die von Redtenbacher aufgestellte und von mir in jenem Artikel rücksichtlich der Anbringung der Heizröhre in einer Ummantelung etwas modificirte logarithmische Formel, weshalb jene einfachere Formel, namentlich auch unter Beachtung des Umstandes, dass der Coëfficient  $k$  zur Zeit keineswegs einigermassen genau festgestellt ist und, gemäss der Natur der Sache, wohl niemals mathematisch genau berechenbar sein wird, mit vollem Vertrauen für die letztere substituiert werden kann.

Es bedeutet in derselben:

$F$  die Heizfläche (äussere Oberfläche) der Röhre in Quadrat-Meter;

$W$  die von der Röhre stündlich abzugebende Wärmemenge in Calorien;

$k$  den Transmissions-Coëfficienten per  $1\text{ m}^2$  per  $1^\circ\text{C}$ . Temperatur-Differenz stündlich;

- $t_1$  die Temperatur des der Röhre zufließenden Heizwassers;  
 $t_0$  die Temperatur des von der Röhre abfließenden Heizwassers;  
 $\mathfrak{T}_1$  die Temperatur der durch die Röhre erwärmten und von ihr abströmenden Luft;  
 $\mathfrak{T}_0$  die Temperatur der durch die Röhre zu erwärmenden und ihr zuströmenden Luft.

Mit den fernerer Bezeichnungen, nämlich:

- $W_a$  die durch die äussere Abkühlung aus dem Locale stündlich verschwindende, beziehentlich während der Anheiz-Periode in die Umschliessungswände zu leitende Wärme;  
 $\mathfrak{B}$  das an der Heizfläche behufs seiner Erwärmung stündlich vorüber zu führende Luftvolumen in Kubik-Meter;  
 $\gamma = 0.237 \cdot 1.29 = 0.3$  die spezifische Wärme der Luft und deren Gewicht per Kubik-Meter;  
 $c$  die Geschwindigkeit des die Heizröhre durchfließenden Wassers in Meter per Secunde;  
 $q$  den lichten Querschnitt der Heizröhre in Quadrat-Meter;  
 $\gamma_1$  das Gewicht eines Kubik-Meter Wassers in Kilogramm;  
 $m$  die stündlich in der Röhre circulirende, d. h. jeden Querschnitt derselben durchfließende Wassermenge in Kilogramm, ergibt sich für den Fall einer Combination der Beheizung mit der Ventilation derartig, dass die Ventilations-Luft als Heizluft dient:

$$W = 0.3 \mathfrak{B} (\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0) = W_a + 0.3 \mathfrak{B} (t - \mathfrak{T}_0) \quad . \quad 2),$$

$$W = 3600 \cdot q \cdot c \cdot \gamma_1 (t_1 - t_0) = m (t_1 - t_0) \quad . \quad 3),$$

und mit den Abkürzungen:

$$\left. \begin{aligned}
 T &= 2 t_1 - t - \mathfrak{T}_0 \\
 \Theta &= 0.3 (t - \mathfrak{T}_0) \\
 v &= \frac{\mathfrak{B}}{W_a} \\
 \tau_0 &= \frac{T - \frac{1}{0.3 v}}{1 + \Theta v} \\
 \frac{W_a}{m} &= w
 \end{aligned} \right\} \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

entsteht hieraus, sowie aus 1):

$$\mathfrak{T}_1 = \frac{W_a}{0.3 \mathfrak{B}} + t = \frac{1}{0.3 v} + t \quad . \quad . \quad . \quad 5),$$

$$t_0 = t_1 - \frac{W_a}{m} - \frac{\Theta \mathfrak{B}}{m} = t_1 - \frac{W_a}{m} (1 + \Theta v) \quad . \quad 6),$$

$$\frac{k F}{2 W_a} = \frac{1 + \Theta v}{T - (1 + \Theta v) \frac{W_a}{m} - \frac{1}{0.3 v}} = \frac{1}{\tau_0 - w} \quad . \quad 7).$$

1. Jedes Local erhält nicht mehr als einen einzigen Ofen.

Die vorstehend aufgestellten Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass jedes zu beheizende Local nur einen einzigen Ofen erhält, welcher aus der spiralartig gewundenen Heizröhre hergestellt und von einem Mantel oder einer Heizkammer umschlossen ist. Mehrere solcher, mehreren Localen angehörende Ofen werden als Abzweigungen ein und desselben Röhrenstranges gedacht, so dass in allen diesen Ofen die gleiche Wasser-Circulations-Geschwindigkeit  $c$  herrscht oder, genauer genommen,

durch jeden Ofen stündlich die gleiche Wassermenge  $m$  fließt, dass jedoch für jeden Ofen die Temperaturen  $t_1$  und  $t_0$  nach Massgabe der fortschreitenden Abkühlung des Wassers differente Werthe haben.

Uebrigens aber können die Formeln auch für den Fall der Anbringung eines für mehrere Locale gemeinschaftlichen Ofens benützt werden.

Wie ich in dem eingangs erwähnten Artikel schon anführte, gibt es zu Folge Formel 7) für die Heizfläche  $F$  in Bezug auf die Grösse  $v = \frac{\mathfrak{B}}{W_a}$ , also in Bezug auf die Ventilations-Grösse ein Minimum; denn in der That liefert die demgemässe Berechnung von  $\frac{dF}{dv} = 0$  (nach Formel 7) mit den Abkürzungen:

$$A = 1 + \frac{\Theta}{0.3 T} \left( 1 \pm \sqrt{1 + 0.3 \frac{T}{\Theta}} \right) \quad . \quad . \quad 8),$$

$$B = \pm \frac{\sqrt{1 + 0.3 \frac{T}{\Theta}}}{1 \pm \sqrt{1 + 0.3 \frac{T}{\Theta}}} \cdot T \quad . \quad . \quad 9);$$

die Werthe:

$$v_m = \frac{A - 1}{\Theta} \quad . \quad . \quad . \quad 10),$$

$$\frac{k \cdot F_m}{2 W_a} = \frac{m \cdot A}{m B - A \cdot W_a} \quad . \quad . \quad . \quad 11),$$

während die Berechnung von  $\frac{d^2 F}{dv^2}$  ein wesentlich positives Resultat gibt.

Da nun die Anlagekosten einer Wasserheizung unter übrigens gleichen Umständen ohne Zweifel mit einer Vergrösserung der Heizfläche anwachsen, so kann mittelst Formel 11) diejenige Heizfläche berechnet werden, bei deren Anwendung die Anlagekosten am kleinsten ausfallen.

Selbstverständlich jedoch muss diesfalls dafür gesorgt werden, dass das eingeführte Ventilations-Volumen dem durch Formel 10), 8) und 4) angegebenen Betrage entspricht.

Werden in die von Valérius, Ferrini und Ferrini-Schrötter zur Berechnung der Wasserheizröhren empfohlene und von mir in dem eingangs bezeichneten Artikel besprochene Formel, nämlich analog 1):

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{t_1 + t_0 - 2t} \quad . \quad . \quad . \quad 12)$$

die durch 2), 3) und 4) gegebenen Werthe eingeführt und wird das in 10) berechnete Volumen auch in diese Formel eingesetzt, so entsteht mit der Abkürzung

$$B_1 = 2 (t_1 - t) \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

die Formel:

$$\frac{k \cdot F_m}{2 W_a} = \frac{m \cdot A}{m B_1 - A \cdot W_a} \quad . \quad . \quad . \quad 14),$$

welche sich von 11) nur durch die Coefficienten  $B$  und  $B_1$  unterscheidet.

Für eine Anlage, die aus sogenannten Pressröhren hergestellt wird, deren äusserer Durchmesser 35<sup>mm</sup> und deren innerer Durchmesser 22<sup>mm</sup> beträgt, ist, wenn  $l$  die Länge der Heizröhre in Meter bedeutet:

$$F = \frac{1}{9} \cdot l \dots \dots \dots 15),$$

$$q = 0.00038 \dots \dots \dots 16),$$

$$m = 1300 \cdot c \dots \dots \dots 17)$$

zu setzen.

Wird hiefür angenommen:

$$t = 20, \quad \mathfrak{T}_0 = -20, \quad c = 0.23, \quad \text{also } m = 300,$$

so ergibt sich beispielsweise mit  $t_1 = 160$  gemäss 8), 9), 10), 4) und 11):

$$A = 1.5, \quad B = 2.40,$$

$$\mathfrak{B}_m = v_m \cdot W_a = \frac{0.5}{12} \cdot W_a = \frac{W_a}{24},$$

$$\frac{k F_m}{2 W_a} = \frac{300 \cdot 1.5}{300 \cdot 2.40 - 1.5 W_a};$$

hieraus geht hervor, dass für kleine Beträge von  $W_a$  genau genug einfach:

$$\frac{k F_m}{2 W_a} = \frac{A}{B} \dots \dots \dots 18)$$

gesetzt werden kann, dass also die Grösse der Heizfläche unter dieser einschränkenden Bedingung völlig unabhängig von der Circulations-Geschwindigkeit  $c$  des Heizwassers ist, und dass mithin diesfalls:

$$F = \varphi \cdot W_a \dots \dots \dots 19)$$

analog der im eingangs bezeichneten Artikel besprochenen Formel 2) geschrieben werden kann, indem

$$\varphi = 2 \frac{A}{k \cdot B}$$

ein nur vom constanten Coefficienten  $k$  und von den anzunehmenden Temperaturgrössen abhängender Coefficient ist.

Behufs eines Vergleiches der abgeleiteten Formeln und behufs Anstellung anderweitiger Erörterungen sind die Resultate derselben durch Fig. 1 und 2 graphisch dargestellt, indem für  $t$ ,  $\mathfrak{T}_0$ ,  $q$ ,  $c$  und  $m$  die bereits weiter oben vorausgesetzten Werthe angenommen und zur Berechnung der Ausdrücke 8), 9) und 13) benützt wurden, und indem als Abscissen verschiedene Beträge von  $t_1$  aufgetragen worden sind.

Die Curve  $a b$  in Fig. 1 gibt durch ihre Ordinaten die Werthe der Formel 18) an; die Curve  $c d$  repräsentirt die Werthe der Formel 10), die Curve  $e f$  diejenigen der Formel 8), die Curve  $g h$  diejenige der Formel 11) für den Fall, dass  $W_a = 6000$  und  $m = 300$  ist, und die Curve  $k l$  diejenige der Formel 14), ebenfalls unter der Voraussetzung, dass  $W_a = 6000$  und  $m = 300$  ist; endlich beziehen sich die Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  auf die Formeln 11) und 14) mit den Annahmen  $W_a = 30000$  und  $m = 300$ .

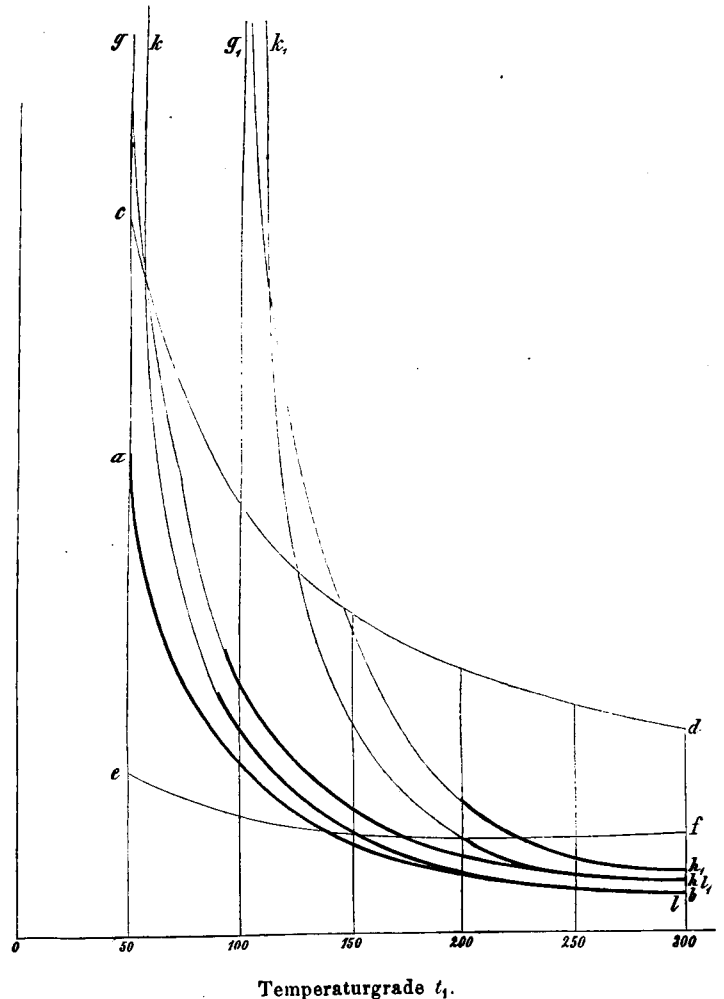
In Fig. 2 sind die Curven  $a b$ ,  $g h$  und  $k l$  im grösseren Massstabe für Temperatur-Intervalle von 10° aufgetragen.

Gemäss der Formeln 11), 14) und 18) würde zu setzen sein:

$$F_m = C \cdot \frac{2 W_a}{k} \dots \dots \dots 20).$$

Die Ordinaten der Curven  $a b$ ,  $g h$ ,  $k l$ ,  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  stellen mithin den Coefficienten  $2 C$  dar.

Figur 1.



Uebrigens hat die Berechnung die in nachfolgender Tabelle befindlichen zusammengehörigen Werthe geliefert:

A	t <sub>1</sub>	B	v	2 C = $\frac{k F}{W_a}$ für $W_a = 6000$			2 C für $W_a = 30000$	
				Formel 18	Formel 11	Formel 14	Formel 11	Formel 14
50	2.14	65	0.095	0.068	0.134	0.248	—	—
60	1.99	80	0.083	0.048	0.099	0.099	—	—
70	1.89	95	0.074	0.038	0.066	0.061	—	—
80	1.81	110	0.067	0.033	0.049	0.043	—	—
90	1.74	126	0.062	0.028	0.038	0.033	—	—
100	1.69	142	0.058	0.023	0.031	0.027	∞	∞
150	1.52	223	0.043	0.013	0.016	0.013	0.028	0.043
200	1.43	300	0.036	0.009	0.011	0.009	0.013	0.018
250	1.37	393	0.031	0.007	0.007	0.006	0.008	0.011
300	1.33	480	0.027	0.006	0.006	0.005	0.006	0.008

Die Ordinaten der Curven  $c d$  und  $e f$  geben die Werthe  $v$  und  $A$  an, und zwar liefern die Ordinaten von  $e f$ , in Millimeter ausgemessen, unmittelbar den Betrag von  $A$ , während



die Ordinaten von  $c d$ , in Millimeter ausgemessen, den Werth  $v$  tausendmal zu gross geben.

Ebenso sind die Ordinaten der Curven  $a b$ ,  $g h$ ,  $k l$ ,  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  sowohl in Fig. 1 als Fig. 2 in Millimeter mit tausendfacher Vergrösserung aufgetragen. Wenn daher beispielsweise die Ordinate der Curve  $g_1 h_1$  für die Abscisse  $t_1 = 200^\circ$  zu  $18^{\text{mm}}$  ausgemessen wird, so ist  $2 C = 0.018$ , und wenn die Ordinate der Curve  $c d$  für die Abscissen  $t_1 = 100^\circ$  das Ausmaass zu  $58^{\text{mm}}$  liefert, so ist  $v = 0.058$ .

Figur 2.

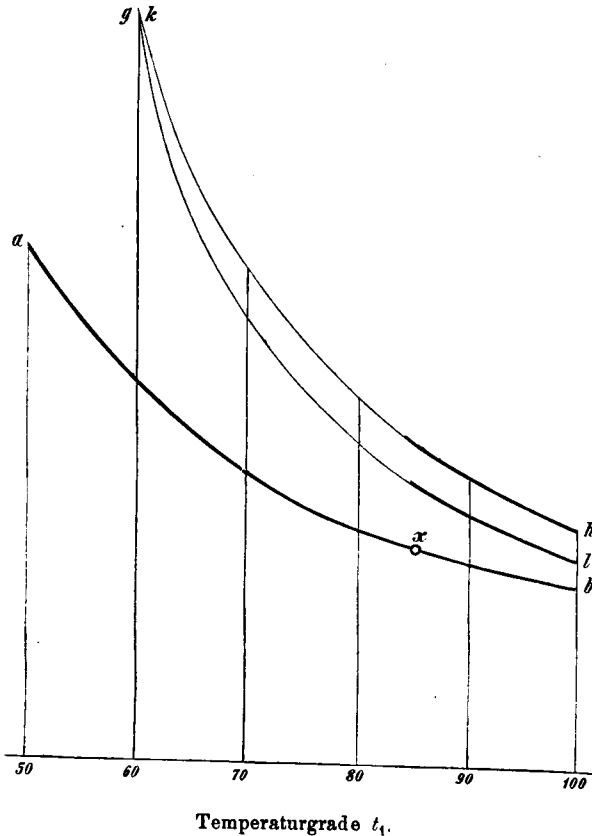


Fig. 2 unterscheidet sich von Fig. 1 nur dadurch, dass die Abscissen fünfmal so gross aufgetragen wurden.

Aus diesen Curven lassen sich nun nachfolgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Der dem relativ sparsamsten, also zur Erzielung einer Minimal-Heizfläche erforderlichen Ventilations-Volumen entsprechende Temperaturwerth  $A$  der Formel 8) ist (durch Curve  $e f$  dargestellt) für alle zwischen 100 und 300 gelegenen Temperaturen des Heizwassers nahezu constant, bewegt sich nämlich zwischen  $1.69$  und  $1.33$  und nimmt erst für kleinere Temperaturen des Heizwassers einen grösseren Betrag an, nämlich beispielsweise  $2.14$  bei  $50^\circ$ .

2. Das relativ sparsamste Ventilations-Volumen, bei dessen Einführung in das Local die Heizfläche die kleinste Grösse erhalten, die Heizanlage also diesbezüglich am billigsten werden kann, ist gemäss Curve  $c d$  bei niedrigen Temperaturen des Heizwassers bedeutend grösser, als bei höheren, beträgt nämlich bei  $300^\circ$  nur  $\mathfrak{B} = v \cdot W_a = 0.027 W_a$ , dagegen bei  $50^\circ$   $\mathfrak{B} = 0.095 W_a$ , also drei- bis viermal so viel, als im ersten Falle.

Im Allgemeinen ist es also behufs Ersparung von Heizfläche zweckmässig, beim Niederdruck-Systeme grössere Ventilations-Mengen als beim Mittel- und Hochdruck-Systeme zu verwenden.

Soll eine Wasserheizanlage möglichst billig ausfallen, so müssen diejenigen Locale, welche die vom kältesten Heizwasser durchflossenen Röhren erhalten, am stärksten ventilirt werden.

3. Falls die Heizfläche für das relativ sparsamste Ventilations-Volumen berechnet werden soll, so liefern die Formeln 1) und 12), indem sie diesfalls durch 11) und 14) zu ersetzen sind, gemäss den Curven  $g h$  und  $k l$ , beziehentlich  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  fast völlig gleiche Resultate, was einfach dadurch erklärlich ist, dass diesfalls bei geringen Werthen von  $t_1$  der Betrag  $\mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_0$  nahezu gleich  $2 t$  ausfällt, also

$$\mathfrak{T}_1 = 2 t - \mathfrak{T}_0 = 2.20 + 20 = 60^\circ$$

wird, während bei grösseren Werthen von  $t_1$ , für welche allerdings  $\mathfrak{T}_1$  gemäss Formel 5) bis zu  $145^\circ$  anwächst, dieses Anwachsen gegenüber von  $t_1$  nicht in's Gewicht fällt.

Auch die einfache empirische Formel 18) oder 19) weicht nicht viel von beiden vorgenannten Formeln ab, sofern die Heiz-Temperaturen hoch und die zu transmittirenden Wärmemengen gering sind.

Ist beispielsweise eine Reihe von kleinen Localen, von denen jedes eine Beheizungswärme von  $W_a = 500$  bis  $1000$  nöthig hat, mit je einem Ofen zu versehen, so kann diese einfache empirische Formel 19) mit vollem Vertrauen zur Berechnung benützt werden, sofern das Heizwasser nicht bedeutender als bis zu  $60^\circ$  oder auch selbst  $50^\circ$  abgekühlt werden soll und sofern selbstverständlich die relativ sparsamsten Ventilationsgrössen  $\mathfrak{B}_m$  als Heizluft eingeleitet werden. Gemäss Formel 20)

und 19) würde diesfalls der Coëfficient  $\varphi = \frac{2 C}{k}$  für

$k = 10$  zwischen  $0.0006 = \frac{1}{1700}$  und  $0.007 = \frac{1}{140}$  schwanken, je nachdem die Heiz-Temperatur  $300^\circ$  oder  $50^\circ$  beträgt.

Wegen dieses Schwankens ist es allerdings nicht leicht, ohne eingehendere Berechnung oder ohne Benützung der Curve  $a b$ , beziehentlich obiger Tabelle, den richtigen Werth von  $\varphi$  schätzungsweise festzustellen, und diesen Coëfficienten, wie es wohl in der Praxis zu geschehen pflegt, durchweg  $= \frac{1}{1000}$  anzunehmen, ist gemäss diesen Resultaten äusserst verkehrt.

Hierzu und zum Verständniss der Curven muss noch Folgendes bemerkt werden.

Soll die Abkühlung des Heizwassers nur bis zu  $t_0 = 50^\circ$  fortgesetzt werden, welchen Falles dasselbe, nota bene am kältesten Tage, mit  $50^\circ$  in den Erhitzungssofen zurückgelangen würde, so ist gemäss der Formel 6) und vorstehender Tabelle die höchste Temperatur, mit welcher dasselbe dem letzten der zu beheizenden Locale zugeführt wird:

$$t_1 = t_0 + \frac{W_a}{m} (1 + \Theta v),$$

also für die Curve  $a b$  wegen  $W_a = 0$ :

$$t_1 = t_0 = 50;$$



für die Curven  $g h$  und  $k l$  wegen  $W_a = 6000$ :

$$t_1 = 50 + \frac{6000}{300} (1 + 12.0 \cdot 065) = 85,$$

und für die Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  wegen  $W_a = 30000$ :

$$t_1 = 50 + \frac{30000}{300} (1 + 12.0 \cdot 036) = 200.$$

Demgemäss sind die Curven nur so weit anwendbar, als sie stärker ausgezogen erscheinen; denn würden die Dimensionen gemäss ihrer schwächer ausgezogenen Aeste ausgeführt werden, so würde in der That eine bedeutendere Abkühlung des Wassers, als bis zu  $50^\circ$ , Platz greifen.

Wäre beispielsweise ein Local, für welches  $W_a = 6000$  ist, mit einem Wasserofen zu versehen und man wollte für denselben  $t_1 = 50$  wählen, so würde gemäss Formel 6) und obiger Tabelle

$$t_0 = 50 - \frac{6000}{300} (1 + 12.0 \cdot 095) = 6^\circ$$

ausfallen, was nicht zweckmässig genannt werden kann. Und sollte für einen in einem mit  $W_a = 30000$  Calorien zu beheizenden Local anzubringenden Ofen  $t_1 = 100$  gewählt werden, so würde sich im Widerspruche mit der physikalischen Möglichkeit

$$t_0 = 100 - \frac{30000}{300} (1 + 12.0 \cdot 058) = -70^\circ$$

ergeben, weshalb auch die Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  für die Abscisse  $t_1 = 100$  unmöglich grosse Heizflächen aufweisen.

Werden aber die Curven, entsprechend einer unter allen Umständen nur bis zu  $50^\circ$  fortgesetzten Totalabkühlung des Heizwassers, lediglich innerhalb ihrer stärker ausgezogenen Aeste benutzt, so ergeben sich nachfolgende beachtenswerthe Schlüsse:

Soll ein einziges Local, dessen Beheizungsbedarf  $W_a = 30000$  Calorien beträgt, mit einem Ofen versehen werden, und soll die Temperatur des Rücklaufwassers  $t_0 = 50^\circ$  sein, so hat die Heizfläche mindestens eine Grösse von:

$$F = 2 C_{200} \cdot \frac{W_a}{k} = \frac{2 C_{200}}{k} \cdot 30000$$

zu betragen, unter  $2 C_{200}$  den numerischen Werth der zu der Abscisse  $t_1 = 200$  gehörigen Ordinate verstanden.

Sollen dagegen fünf Locale, von denen jedes  $W_a = 6000$  Calorien bedarf, mit je einem Ofen versehen werden, so muss die Total-Heizfläche  $F_t$  mindestens

$$\begin{aligned} F_t &= F_1 + F_2 + \dots + F_5, \\ &= \frac{W_a}{k} (2 C_{200} + \dots + 2 C_{200}), \\ &= \frac{6000}{k} (2 C_{200} + \dots + 2 C_{200}) \end{aligned}$$

betragen, und da nun  $C_{200}$  gemäss Fig. 1 offenbar bedeutend grösser ist als  $C_{200}$ , so ist auch:

$$(2 C_{200} + \dots + 2 C_{200}) > 5 \cdot 2 C_{200}$$

und daher müssen die fünf Locale, trotzdem sie zusammen keiner grösseren Beheizungswärme bedürfen als das eine Local, doch bedeutend mehr Total-Heizfläche erhalten als letzteres.

Das principiell gleiche Resultat ergibt sich noch drastischer durch Einbeziehung der Curve  $a b$  in den Vergleich, in welchem Falle ausserordentlich viel (unendlich viel) Locale mit je sehr geringem Beheizungsbedarf ( $W_a = 0$ ) anzunehmen sein würden.

Das scheinbar Paradoxe dieses Rechnungsergebnisses erklärt sich physikalisch durch die Thatsache, dass die vom Ofen abfliessende Heiz- vulgo Ventilationsluft im erstbehandelten Falle den einen Ofen an einer Stelle verlassen wird, wo im Wasser die hohe Temperatur  $t_1 = 200^\circ$  herrscht, im zweiten Falle dagegen beim letzten Ofen an der Stelle, wo jene Temperatur nur  $50^\circ$  beträgt.

Ob übrigens die Temperatur  $t_0 = 50$  in allen Fällen die zweckmässigste ist, bis zu welcher die Totalabkühlung des Heizwassers fortgesetzt werden sollte, muss einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben, bei welcher die Abhängigkeit der Circulations-Geschwindigkeit des Wassers von den Temperatur-Verhältnissen, der Grösse der inneren Röhrenfläche u. s. w. eine hervorragende Rolle spielt.

Jedenfalls würde aus obiger Betrachtung noch zu folgern sein, dass die Total-Heizfläche bedeutend grösser sein muss, wenn jedes Local einen besonderen Ofen erhält, als wenn für sämtliche Locale ein gemeinsamer Ofen in einer mittelst Heissluft-Canälen mit den Localen communicirenden Heizkammer angebracht wird.

4. Die auf die Heizflächengrösse sich beziehenden Curven sind selbstverständlich nur für den angenommenen Werth

$$m = 3600 \cdot q \cdot c \cdot \gamma_1 = 300$$

giltig, das heisst ausser für die vorausgesetzten Dimensionen der Pressröhren auch nur für die angenommene Geschwindigkeit

$$c = 0.23^m.$$

Jedoch lässt sich leicht übersehen, in welcher Weise der Lauf der Curven mit einer Aenderung von  $q$ ,  $c$  oder  $m$  sich ändert.

Denn gemäss Formel 11), sowie auch analog Formel 14) ist:

$$2 C = \frac{k \cdot F_m}{W_a} = 2 \frac{A}{B - A \cdot \frac{W_a'}{m}}$$

weshalb die Ordinaten  $2 C$  für alle gleichen Beträge von  $\frac{W_a}{m}$  unverändert bleiben.

Es ergibt sich daher beispielsweise, dass die Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  genau mit  $g h$  und  $k l$  zusammenfallen würden, sofern ein neuer Werth von  $m$ , also  $m_1$ , zu

$$m_1 = \frac{W_a'}{W_a} \cdot m = \frac{30000}{6000} \cdot m = 5 \cdot m$$

anwachsen würde.

Bei zwischen  $m = 300$  und  $m_1 = 5 \cdot 300$  gelegenen Werthen von  $m$  werden daher die für  $W_a = 30000$  giltigen Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  den für

$$\frac{W_a}{m} = \frac{6000}{300}$$

geltenden Curven  $g h$  und  $k l$  näher rücken.

Ferner werden die Curven  $g h$  und  $k l$  für alle Werthe von  $W_a$  und  $m$  gelten, für welche

$$\frac{W_a}{m} = \frac{6000}{300} = 20$$

ist, und die Curven  $g_1 h_1$  und  $k_1 l_1$  für alle Werthe von  $W_a$  und  $m$ , für welche

$$\frac{W_a}{m} = \frac{30000}{300} = 100$$

ausfällt, während die Curve  $a b$  dem Betrage  $W_a = 0$  entspricht, also den diesbezüglichen Grenzwert all Curven bildet.

Mit Beachtung dieser Verhältnisse kann aus der Besichtigung der graphischen Darstellung noch eine grosse Reihe von Schlüssen auf die Grenze der Anwendbarkeit der Pressröhren, auf die Beziehung der Circulations-Geschwindigkeit zu der Grösse der Heizfläche, auf die Vortheile hoher Wasser-Temperaturen, auf die Vorzüge des Hochdruck-Systemes und Mitteldruck-Systemes vor dem Niederdruck-Systeme u. s. w. gezogen werden, deren weitergehende Erörterung hier zu viel Raum in Anspruch nehmen würde.

5. Wenn die Anwendung der sogenannten „relativ sparsamsten Ventilationsmengen“ den Vortheil der Auskömmlichkeit mit minimalen Heizflächen, also auch denjenigen einer dem entsprechenden Geldersparung erreichen lässt, so hat sie doch auch einen Nachtheil zur Folge.

Gemäss Formel 5) nämlich ergibt sich mit Benützung der für  $v$  in obiger Tabelle enthaltenen Werthe:

für $t_1 =$	50	100	150	200	250	300
„ $\mathfrak{T}_1 =$	55	78	98	113	128	144

und dies besagt, dass die Ventilations- oder Heizluft bei Anwendung der minimalen Heizflächen mit sehr hohen Temperaturen  $\mathfrak{T}_1$  den zu beheizenden Localen zufließen würde, in einigen Fällen mit so hohen Temperaturen, dass aus diesem Grunde die Beheizung hinsichtlich der Austrocknung der höher gelegenen Theile der Umfassungswände und hinsichtlich der ungleichmässigen Höhe der Temperatur in den verschiedenen Höhenpunkten des Locales, sowie auch hinsichtlich des hiermit im Zusammenhange stehenden Brennmaterial-Verbrauches als unangenehm, unbehaglich und kostspielig bezeichnet werden müsste.

Ferner fallen diese „relativ sparsamsten Ventilationsmengen“ in sehr vielen Fällen, und namentlich in denen einer grösseren Bevölkerung des Locales, kleiner aus als hygienisch zulässig.

Denn wenn auch beispielsweise für ein mittelgrosses Zimmer mit  $W_a = 4000$

$$t_1 = 80, \text{ also } v = 0.067 \text{ sich } \mathfrak{B} = 0.067 \cdot 4000 = 268^{\text{kbm}}$$

ergeben würde und diese Menge recht wohl für 5 bis 10 Personen aus hygienischen Gründen ausreichen dürfte, so würde doch auch für einen grösseren Hörsaal mit  $W_a = 30000$ ,  $t_1 = 250$  und demnach  $v = 0.031$  das Volumen  $\mathfrak{B}$  nur zu

$$0.031 \cdot 30000 = 930^{\text{kbm}}$$

ausfallen, was wegen hygienischer Anforderungen für 80 bis 100 Besucher ungenügend wäre.

Aus diesen Gründen ist es häufig rathsam, sowohl im Interesse einer angenehmeren Beheizung als einer vollkommeneren Ventilation, die Heizfläche grösser, als dem minimalen Betrage entsprechend, zur Ausführung zu bringen, und endlich ist eine Abweichung von den minimalen Heizflächengrössen auch aus rein wirthschaftlichen Gründen geboten. Denn nicht allein die Herstellungskosten, sondern auch die jährlichen Betriebskosten entscheiden über die wirthschaftliche Zweckmässigkeit, und diejenigen Dimensionen einer Anlage werden zu bevorzugen sein, bei deren Ausführung die Summe aus der Jahresverzinsung und Amortisation des Herstellungs-Capitales und aus den jährlichen Betriebskosten zu einem Minimum wird.

Aus diesem Grunde habe ich das in diesem Artikel besprochene, der minimalen Heizfläche, welche lediglich behufs möglichster Reducirung der Herstellungskosten zur Ausführung gebracht werden wird, zugehörige Ventilations-Volumen das „relativ“ sparsamste genannt, während ich das jener wirthschaftlich zweckmässigsten Heizflächengrösse entsprechende Ventilations-Quantum das „absolut“ sparsamste nenne.

Von diesem letzteren werde ich in einem später folgenden Artikel sprechen, nachdem ich in einem zunächst folgenden Capitel den noch zu berücksichtigenden Fall, in welchem ein und dasselbe Local mehr als einen Ofen erhält, behandelt und die diesfalls erforderliche Gesamt-Heizfläche mit derjenigen der hier erörterten Modalität in Vergleich gezogen haben werde.

## 2. Jedes Local erhält mehr als einen Ofen.

Es werde, abweichend von den im ersten Capitel angestellten Untersuchungen vorausgesetzt, dass die einem Locale zuzuführende Wärme  $W_a$  von mehreren Oefen abgegeben werde, und zwar derartig, dass die als Heizluft fungirende Ventilationsluft jedem in einen Mantel eingeschlossenen Ofen an dessen unterem Theile mit der Temperatur  $\mathfrak{T}_0$  zugeleitet werde, während das dem Ofen zufließende heisse Wasser an dem oberen Theile desselben eintritt und in der nach abwärts gebogenen Spirale allmähig am unteren Theile anlangt, um von hier aus dem oberen Theile des nächstfolgenden Ofens zuzufliessen.

Mit Verwendung der bisher benützten Bezeichnungen sei noch:

$z$  die Anzahl der in jedem Locale anzubringenden, jedoch von ein und demselben in sich rücklaufenden Röhrenstränge gebildeten Oefen;

$W$  die von denselben stündlich abzugebende Gesamt-Wärmemenge in Calorien;

$W_1, W_2, W_z$  die vom ersten, zweiten,  $z^{\text{ten}}$  Ofen abzugebende Wärmemenge;

$t_1$  die Temperatur des dem ersten Ofen zufließenden Wassers;

$t_2, t_z$  die Temperaturen des dem zweiten, beziehungsweise  $z^{\text{ten}}$  Ofen zufließenden und vom ersten, beziehungsweise  $(z - 1)^{\text{ten}}$  Ofen abfließenden Wassers;

$t_0$  die Temperatur des vom  $z^{\text{ten}}$  Ofen abfließenden Wassers.

Hiermit lässt sich unter der Voraussetzung, dass jeder Ofen gleich viel Wärme abgeben und gleich viel Ventilationsluft erwärmen solle, zunächst schreiben:

$$W = W_a + 0.3 \mathfrak{B} (t - \mathfrak{T}_0) \\ = W_a (1 + \Theta v) \dots \dots \dots 21),$$

$$W_1 = \frac{W}{z} = \frac{W_a}{z} (1 + \Theta v) \dots \dots \dots 22),$$

$$W_1 = m (t_1 - t_2) \\ = m (t_2 - t_3) \\ = m (t_z - t_0) \dots \dots \dots 23),$$

$$W_1 = 0.3 \frac{\mathfrak{B}}{z} (\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0), \\ = 0.3 v \cdot \frac{W_a}{z} (\mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0) \dots \dots \dots 24),$$

und hieraus folgt wegen

$$t_1 = t_3 - \frac{W_1}{m} = t_2 - 2 \frac{W_1}{m} = t_1 - \frac{3 W_1}{m} :$$

$$t_z = t_1 - (z - 1) \frac{W_1}{m} = t_1 - \frac{z - 1}{z} \cdot \frac{W_a}{m} (1 + \Theta v) \dots 25),$$

$$t_z + t_0 = t_1 - \frac{z - 1}{z} \cdot \frac{W}{m} + t_1 - \frac{z}{z} \cdot \frac{W}{m} \\ = 2 t_1 - \frac{2 z - 1}{z} \frac{W_a}{m} (1 + \Theta v) \dots \dots \dots 26),$$

$$\mathfrak{T}_1 = \frac{z \cdot W_1}{0.3 v \cdot W_a} + \mathfrak{T}_0 = \frac{1 + \Theta v}{0.3 v} + \mathfrak{T}_0 \dots \dots \dots 27),$$

$$\mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_0 = \frac{1 + \Theta v}{0.3 v} + 2 \mathfrak{T}_0 \dots \dots \dots 28).$$

$$\frac{k \cdot \Sigma F}{2 W_a} = \frac{1}{z \tau - w} + \frac{1}{z \tau - 3 \cdot w} + \frac{1}{z \tau - 5 \cdot w} + \dots \dots \dots \frac{1}{z \tau - (2 z - 1) w} \\ = \frac{1}{\tau} \left[ 1 + \frac{w}{\tau} + \left( \frac{4}{3} - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{z} \right) \left( \frac{w}{\tau} \right)^2 + \left( 2 - \frac{1}{z^2} \right) \left( \frac{w}{\tau} \right)^3 + \left( \frac{16}{5} - \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{z^2} + \frac{7}{15} \cdot \frac{1}{z^4} \right) \left( \frac{w}{\tau} \right)^4 + \dots \right] \dots 34),$$

worin gemäss der durch 30) und 31) gegebenen Bedeutung von  $w$  und  $\tau$  der Quotient  $\frac{w}{\tau}$  jedenfalls ein echter Bruch und  $z$  selbstverständlich grösser als Eins sein muss. Denn ganz allgemein ergibt sich aus 21) und 23), sowie 30) und 28):

$$\frac{w}{\tau} = \frac{t_1 - t_0}{2 (t_1 - \mathfrak{T}_0) - \frac{1 + \Theta v}{0.3 \mathfrak{B}}} = \frac{t_1 - t_0}{2 t_1 - \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0}$$

und dieser Ausdruck liefert innerhalb der den praktischen Verhältnissen entsprechenden Annahmen  $t_1 = 50$  bis  $300$ ,  $t_0 = 50$  bis  $250$ ,  $\mathfrak{T}_0 = -20$  und  $\mathfrak{T}_1 = 20$  bis  $100$  einen Werth, welcher stets kleiner als  $0.5$  ist.

Es folgt nun aus 34) für  $z = 1$ :

$$\frac{k \cdot \Sigma F}{2 W_a} = \frac{1}{\tau} \left[ 1 + \frac{w}{\tau} + \left( \frac{w}{\tau} \right)^2 + \left( \frac{w}{\tau} \right)^3 + \dots \right],$$

Da nun die Heizfläche eines Ofens unter den hier vorausgesetzten Bedingungen allgemein gemäss Formel 1) durch den Ausdruck

$$k \cdot F = 2 \frac{W}{t_1 + t_0 - \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0} \dots \dots \dots 29),$$

zu berechnen ist, so ergibt sich für den ersten aller Ofen:

$$z \cdot \frac{k \cdot F_1}{2 W_a} = \frac{1 + \Theta v}{2 t_1 - \frac{W_a}{m \cdot z} (1 + \Theta v) - \frac{1 + \Theta v}{0.3 \mathfrak{B}} - 2 \mathfrak{T}_0},$$

oder mit den Abkürzungen:

$$\tau = \frac{z (t_1 - \mathfrak{T}_0)}{1 + \Theta v} - \frac{1}{0.3 v} \dots \dots \dots 30)$$

und

$$\frac{W_a}{m} = w \dots \dots \dots 31),$$

$$\frac{k \cdot F_1}{2 W_a} = \frac{1}{z \tau - w} \dots \dots \dots 32),$$

welches Resultat gemäss den hier vorausgesetzten veränderten Bedingungen von Formel 7) abweicht. In gleicher Weise entsteht aus 29), 22), 26) und 28):

$$k \cdot F_z = 2 \frac{W_1}{t_z + t_0 - \mathfrak{T}_1 - \mathfrak{T}_0},$$

$$\frac{k \cdot F_z}{2 W_a} = \frac{1}{z \cdot \tau - (2 z - 1) w} \dots \dots \dots 33).$$

Für die Gesamt-Heizfläche  $\Sigma F$  des ganzen Locales wird daher:

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + \dots \dots \dots F_z,$$

und mithin

völlig entsprechend der direct aus der für einen einzigen Ofen geltenden Formel, nämlich:

$$\frac{k \cdot F}{2 W_a} = \frac{1}{\tau - w},$$

vorzunehmenden Ableitung.

Es folgt ferner aus 34) für  $z = 2$ :

$$\frac{k \Sigma F}{2 W_a} = \frac{1}{\tau} \left[ 1 + \frac{w}{\tau} + \frac{7}{6} \left( \frac{w}{\tau} \right) + \frac{7}{4} \left( \frac{w}{\tau} \right)^2 + \frac{41}{16} \left( \frac{w}{\tau} \right)^3 + \dots \right]$$

und für  $z = \infty$ :

$$\frac{k \Sigma F}{2 W_a} = \frac{1}{\tau} \left[ 1 + \frac{w}{\tau} + \frac{4}{3} \left( \frac{w}{\tau} \right)^2 + 2 \left( \frac{w}{\tau} \right)^3 + \frac{16}{5} \left( \frac{w}{\tau} \right)^4 + \dots \right].$$

Der Vergleich lässt erkennen, dass die für ein und dasselbe Local oder überhaupt für ein und dieselbe Gesamt-Wärmemenge

$W_a$  beziehentlich  $W$  herzustellende Gesamt-Heizfläche am kleinsten ausfällt, falls sie in einem einzigen Ofen vereinigt wird, anstatt auf zwei oder mehrere Oefen derartig vertheilt zu werden, dass jeder dieser Oefen eine Wärmemenge  $\frac{W}{z}$  abgeben muss.

Die physikalische Erklärung dieses Rechnungsergebnisses ist in der Thatsache begründet, dass bei der hier vorausgesetzten gleichmässigen Vertheilung der Ventilationsluft auf die einzelnen Oefen für jeden dieser Oefen gemäss Formel 27) der gleiche Werth für die Temperatur  $\mathcal{T}_1$  der vom Ofen abziehenden Luft entsteht, und dass aus diesem Grunde die Abkühlungsverhältnisse für die Heizfläche günstiger sind, wenn nur ein einziger Ofen, bei welchem die höchste Wasser-Temperatur den höchsten Betrag von  $t_1$  hat, angeordnet wird, als wenn deren mehrere ausgeführt werden, von denen der letzte als höchste Wasser-Temperatur einen nicht viel höheren Betrag als  $t_0^\circ$  hat.

Uebrigens jedoch lässt sich auch übersehen, dass bei den gewöhnlich in der Praxis angewendeten Temperatur-Verhältnissen, bei denen nach Massgabe der weiter oben bereits gemachten Angaben der Quotient  $\frac{w}{\tau}$  kleiner als 0.5 bleibt, der Unterschied in

den Beträgen der Heizfläche eines einzigen Ofens und der Gesamt-Heizfläche mehrerer, ja sogar äusserst vieler, die gleiche Gesamtwärme abgebender Oefen keineswegs beträchtlich ist. Wenn daher die Vertheilung der Ventilationsluft auf die einzelnen Oefen günstiger als hier vorausgesetzt vorgenommen wird, und zwar so, dass den vom weniger heissen Wasser durchströmten Oefen eine grössere Luftmenge behufs Reduction der Temperatur  $\mathcal{T}_1$  zugeführt wird, so braucht jener Unterschied kaum beachtet zu werden.

Immerhin liefert diese Untersuchung in Verbindung mit dem auf Seite 151 gewonnenen Resultate der vorgängigen Untersuchung die Begründung für den Ausspruch, dass die Centralisation der Heizflächen-Bestandtheile den Vortheil erreichen lässt, die Heizanlage rücksichtlich der Grösse der Heizfläche möglichst billig zu machen, welcher Ausspruch indessen zunächst nur für die hier in Betracht gezogenen Dispositionen der Anbringung der spiralartig gewundenen Heizkörper in Ummantelungen oder Heizkammern und der Benützung der Ventilationsluft zur Heizluft seine volle Giltigkeit hat und namentlich in dem Falle einer Trennung der für die Beheizung mittelst Circulation oder freien Ausstrahlung wirkender Heizkörper von denjenigen für die Erwärmung der Ventilationsluft dienenden Oefen entsprechend modificirt werden muss.

Bemerkung. — In der Formel 16) des auf Seite 150 dieses Jahrganges enthaltenen Artikels hat der Quotient:

$$\frac{1 + \Theta v}{(1 + \Theta v) \frac{W_a}{m} - \frac{\Theta}{0.3} \left(1 + \frac{1}{\Theta v}\right)}$$

diese complicirte Schreibweise anstatt der einfacheren:

$$\frac{1}{\frac{W_a}{m} - \frac{1}{0.3 \cdot v}}$$

bekommen, weil mit ihr die Resultate von 16) aus denjenigen von 13), 15) und 17) für die graphische Darstellung leichter zu erhalten waren.

## Vorschlag

zur

### Construction von Eisenbahngleisen für Desinfections-Anstalten.

#### Vortrag

des

General-Inspectors **Heinrich Schmidt**

in der Fachversammlung der Bau- und Eisenbahn-Ingenieure am  
13. November 1879.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 34.)

Das Reichsgesetzblatt für die im Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder, Stück XL, vom 22. August 1879 enthält unter Nr. 108 ein Gesetz vom 19. Juli 1879 betreffend die Verpflichtung der Desinfection bei Viehtransporten auf Eisenbahnen und Dampfschiffen, ferner unter Nr. 109 eine Verordnung der Minister des Innern, der Justiz und des Handels vom 7. August 1879 zum Vollzuge vorgenannten Gesetzes.

Diesem Gesetze zufolge sind die Eisenbahn-Verwaltungen verpflichtet, jeden Eisenbahnwagen, in welchem Wiederkäuer, Schweine, Pferde, Esel und Maulthiere befördert worden sind, einem Desinfections-Verfahren zu unterziehen, das nach jedesmaligem Gebrauche sofort anzuwenden und geeignet ist, die dem Wagen etwa anhaftenden Ansteckungstoffe unwirksam zu machen.

Die Vollzugs-Verordnung bestimmt zu §. 1 des Gesetzes in Absatz 8:

„An jenen Stellen, wo die Ausräumung der Excremente aus den Wagen vorgenommen wird, muss der Boden thunlichst undurchlässig sein und sogleich nach der Fortschaffung der Excremente desinficirt werden.“

Zu §. 2 des Gesetzes in Absatz 1:

„Der bei der Reinigung der Wagen, Treppen, Stand- und Verladungsplätze, Triebwege u. s. w. gesammelte Dünger, Kehrlicht und die Streumaterialien aus den Wagen sind insbesondere, entsprechend isolirten Stellen zu sammeln und mit Kalkmilch oder mit verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Schwefelsäure auf 20 Theile Wasser) zu übergiessen.“

Zu §. 10 des Gesetzes:

„Die Desinfection der Wagen muss bewirkt werden entweder:

1. Durch heisse Wasserdämpfe, die unter einer Spannung von mindestens zwei Atmosphären auf alle Theile im Innenraume des Wagens geleitet werden, oder 2. durch heisses Wasser von mindestens 70° Celsius, dem ein halbes Percent calcinirter Pottasche zugesetzt ist, womit alle Theile des Wagens bis zum vollständigen Verschwinden des thierischen Geruches zu waschen sind, oder 3. durch Ausspritzen mit (bei Frost heissem) Wasser und nachheriges Ausspinseln des Fussbodens und aller Seitentheile mit einer wässerigen Lösung, die zwei Percent Carbolsäure und fünf Percent Eisenvitriol, oder statt letzterem drei Percent Chlorzink enthält.“

„Wagen, deren Einrichtung eine Behandlung mit Wasser nicht zulässt, sind nach gründlichem Abwaschen des Fussbodens und der Decke mit alkalischer Lauge, einer Ausräucherung zu unterziehen, die entweder durch Einstellen von, auf Holz- oder Tontassen ausgebreitetem Chlorkalk oder durch Entwicklung von Chlor aus einer Mischung von 1 Theil Chlorkalk und 2 Theilen gewöhnlicher Salzsäure, oder von 5 Theilen Kochsalz, 2 Theilen gepulvertem Braunstein und 4 Theilen Wasser, der 4 Theile concentrirtes Vitriolöl zugesetzt werden, zu bewirken ist.“

„Die Vieh-Ein- und Ausladeplätze, Viehhöfe, Triebwege, Treppen und Rampen sind in den Fällen, in welchen nebst der Reinigung auch die Desinfection derselben stattzufinden hat, entweder durch Begiessen mit einer zweipercentigen Carbolsäure-Lösung oder durch Bestreuen mit carbolsaurem (phenylsaurem) Kalk zu desinficiren.“

Die solcher Art zu reinigenden und zu desinficirenden Wagen müssen auf besondere Geleise und theilweise, namentlich im Winter, in geschlossene Räume gebracht werden.

Die Geleise selbst müssen der Verordnung gemäss immer gut gereinigt werden, und soll der Boden thunlichst undurchlässig sein, damit die Seuchenstoffe nicht in denselben eindringen, sondern durch die Desinfectionsstoffe unschädlich gemacht und abgeleitet werden können.

Wie aus vorstehendem Auszuge aus der Ministerial-Verordnung zu entnehmen, bestehen aber die Desinfectionsstoffe, je nach Wahl und Jahreszeit, aus heissem Wasser, Wasserdämpfen, alkalischer Lauge, Kochsalz, Chlorkalk, Chlorzink, Eisenvitriol, Vitriolöl, carbolsaurem Kalk, Carbonsäure, Schwefelsäure und Salzsäure, welche Substanzen die Oberbau-Materialien Holz und Eisen, auch manche Steinarten, mehr oder weniger stark angreifen und einer baldigen Zerstörung zuführen; es ist daher für die Desinfectionsorte ein Oberbau-System zu wählen, das kein dem Zerreißen und der baldigen Fäulniss oder der Zerstörung durch die Säuren unterworfenen Holz und möglichst wenig Eisen bedarf, da letzteres den Säuren ebenfalls nicht lange zu widerstehen vermag, sondern durch eine rasche Oxydation bald zerstört wird.

Wenn irgendwo, so halte ich in diesem Falle das Steinwürfel-System angezeigt.

Die Steinwürfel dürfen jedoch nicht aus Kalkstein, sondern sollen aus festem Sandstein mit thonigem (nicht, kalkigem) Bindemittel, aus Granit oder Porphyrt bestehen, oder können auch künstlich aus Quarzsand, feinem Quarzschotter mit Portland-Cement erzeugt werden. Die künstlichen Quader letzterer Art sind jedoch weniger empfehlungswerth als die erstgenannten aus natürlichen Steinen. Diese Quader sind auf ein festgerammtes Steingestück, entweder trocken oder besser in hydraulischem Kalkmörtel zu versetzen und mit Sandsteinen, Gneis, Granit-, Syenit oder Basaltsteinen, am zweckmässigsten aber mit Klinkern aus Steingutmasse einzupflastern; sämtliche Fugen der Pflasterung

sind zuerst bis auf halbe Tiefe mit einem dünnen hydraulischen Mörtel (am besten mit Portland-Cement und Sand), die obere Hälfte der Fugen aber mit einer Mischung von Asphalt und Sand, auszugießen.

Die Steinquader, auf welchen gusseiserne Stühle für die Aufnahme der Fahrschienen befestigt sind, haben quadratische, obere und untere Lagerflächen von je 50 bis 60<sup>cm</sup> Seitenlänge und eine Höhe von 35 bis 40<sup>cm</sup>. Die oberen Kanten sind abgefast.

Das Gestückerpflaster, auf welches dieselben versetzt sind, besteht aus quadratischen Gestücksätzen von 70<sup>cm</sup> Seite aus etwa 25<sup>cm</sup> hohen Bruchsteinen, welche jeweils auf die breitere Basis gestellt, mit entsprechenden Zwicksteinen verkeilt und mit Handrammen oder besser mit Schwungrammen festgerammt werden; zwischen Gestück und Quader wird nur eine sehr dünne Schichte Schlägel-schotter aufgebracht und festgerammt, um die Höhlungen des Gestücksatzes auszufüllen und um die richtige Höhe für den, in Mörtel aus hydraulischem Kalk zu versetzenden Quader zu erhalten. Der Quader selbst wird wiederum mit einer Handramme fest aufgesetzt.

Die Zeichnungen Fig. 1, 2 und 3 (Blatt 34) zeigen die Anordnung im Verticalschnitt und Grundriss.

Die Pflasterungen sind zwischen den Geleisen rinnenartig, mit kleinen Gefällen und Gegengefällen der Länge nach anzulegen, um die abfließenden sauren Flüssigkeiten durch, etwa alle 20<sup>m</sup> Entfernung angebrachte Senklöcher in Abzugsdohlen leiten zu können. Die Canalisirung muss je nach der Oertlichkeit und den Gefällsverhältnissen des Terrains, oder schon vorhandenen Abzugsanlägen entsprechend durchgeführt werden, und zwar ebenfalls aus den oben angeführten Steingattungen oder aus glasirt gebrannten Klinkern in Portland-Cement versetzt, da letzterer den oben genannten Säuren, mit Ausnahme der Salzsäure, so ziemlich widersteht, namentlich wenn die Säuren in verdünntem Zustande sind. Am zweckmässigsten aber sind die Abzugsanläge aus Steingutröhren, die mit Muffen ineinander greifen, herzustellen.

Wenn die Quader versetzt und eingepflastert sind, so werden die gusseisernen Stühle zur Aufnahme der Fahrschienen in dieselben eingesetzt. Diese Stühle sind aus Guss-eisen hergestellt, weil dieses weniger der Oxydation unterworfen ist, als das Schmied- oder Flusseisen und sind die Fussplatten derselben sehr stark gehalten, damit zwischen Schienen-Unterkante und der Quader-Oberkante und dem die Quader umgebenden Steinpflaster entsprechender Zwischenraum bleibt, der eine mühelosere Reinigung und schnellere Abtrocknung ermöglicht. Die Stühle selbst haben unten Kreuzrippen, mit welchen sie in entsprechende Nuthen der Quader eingesetzt werden; diese letzteren werden so weit gearbeitet, dass die Gussstühle in denselben etwas hin und her gerückt werden können. Wenn die Stühle für eine oder mehrere Schienenlängen trocken eingesetzt sind und das Fahrgeleise richtig liegt, so werden die Gussstühle mit Blei eingegossen, da das Blei von den oben genannten Säuren am wenigsten angegriffen, also am langsamsten zerstört wird. Das Eingiessen der Stühle könnte auch mit Port-

land-Cement geschehen und wäre dann viel billiger als der Bleiverguss; da aber auf den Geleisen nicht nur mit verdünnten, sondern auch mit concentrirten Säuren manipulirt wird und letztere verschüttet werden können, so ist der theurere Bleiverguss vorzuziehen. Es ist auch angezeigt, die Rippen der Schienenstühle mit Kerben zu versehen, in welche sich das flüssige Blei einsetzen kann, um nach dem Erkalten das Ausheben der Stühle aus den Steinnuthen zu verhindern.

Das Blei ist nach dem Erstarren fest zu verstemmen, damit es sich überall satt anlegt, denn bei dem Erkalten zieht es sich zusammen und lässt feine Haarspalten zwischen Stein und Eisen, in welche sich die Säure einsetzen und letzteres sehr schnell zur Oxydation bringen kann; durch das Verstemmen wird diesem Uebel vorgebeugt.

Wenn das ganze Geleise fertig gelegt und alle Bolzen fest angezogen sind, so sind die Stühle, das Blei und die Schienen (letztere mit Ausnahme der oberen Fahrfläche) mit einem feinflüssigen, warmen Theer oder auch mit Mastix zu bestreichen, der nach der Austrocknung eine schützende Hülle für sämtliche metallischen Theile gegen die Angriffe der Säuren bildet.

Bezüglich der Schienenstühle ist noch zu bemerken, dass ich dieselben hier, wie aus den Fig. 4 bis 9 zu ersehen ist, für schwebende Schienenstösse mit Winkellaschen construirt habe, deshalb zweier Sorten bedarf, die eine für die Schienenstösse, die andere für die einfache Zwischenlagerung.

Die Fig. 10 zeigt die Würfelanordnung für 7<sup>m</sup> lange Schienen.

Ein solcher Oberbau dürfte wohl allen Anforderungen für eine Wagen-Desinfections-Anstalt möglichst entsprechen.

Die Kosten sind zwar nicht unbedeutend und etwa die dreifachen (Fahrschienen ausgenommen) eines gewöhnlichen Oberbaues, dafür aber werden die Erhaltungskosten sehr unbedeutend sein, da sie sich auf die Erhaltung des Anstriches der Metallbestandtheile und des Fugenvergusses der Pflasterungen beschränken; da ausserdem solche Anlagen nur in einzelnen wenigen Stationen und jeweils nur auf eine Länge von 150 bis 200<sup>m</sup> erforderlich sind, so kommen die Kosten gar nicht in Betracht, insoferne nur der Zweck erreicht wird.

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass eine Querverbindung der beiden Schienenstränge eines Geleises durchaus nicht nöthig ist, da die Steinwürfel nach allen Seiten eingepflastert, daher gehalten sind, und eine Verückung derselben um so weniger möglich ist, als diese wohl meist geraden Geleise nur langsam und in der Regel nur mit leeren Wagen befahren werden; aber auch Maschinen können dieselben anstandslos befahren, wie die Erfahrungen auf Steinwürfelbahnen zur Genüge bewiesen haben.

SALZBURG-TIROLER-BAHN.

Tunnel Bischofshofen.

*Fig. 1.*

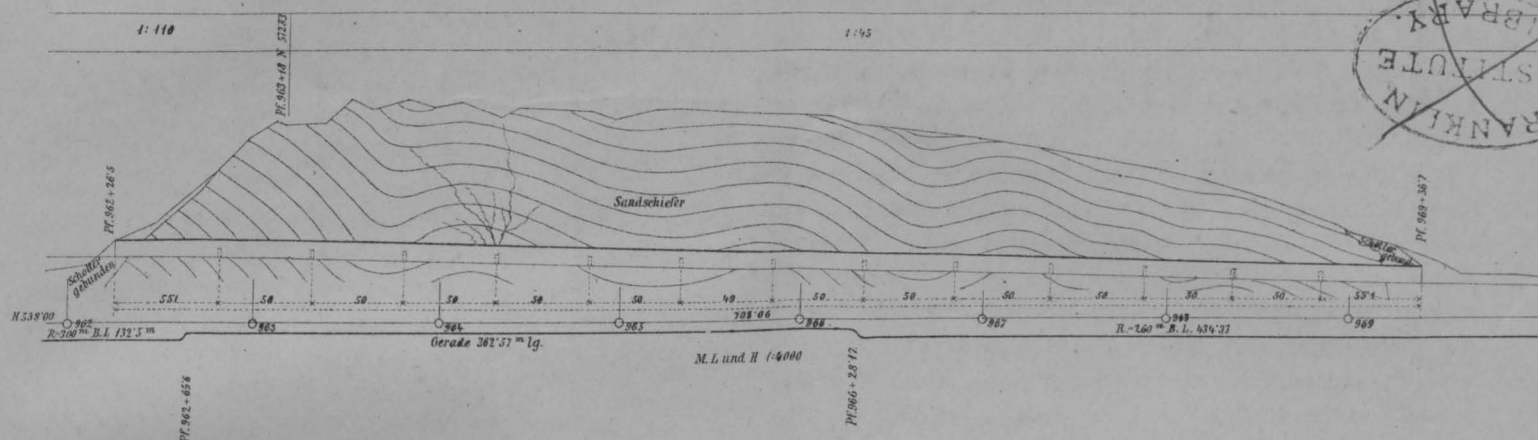
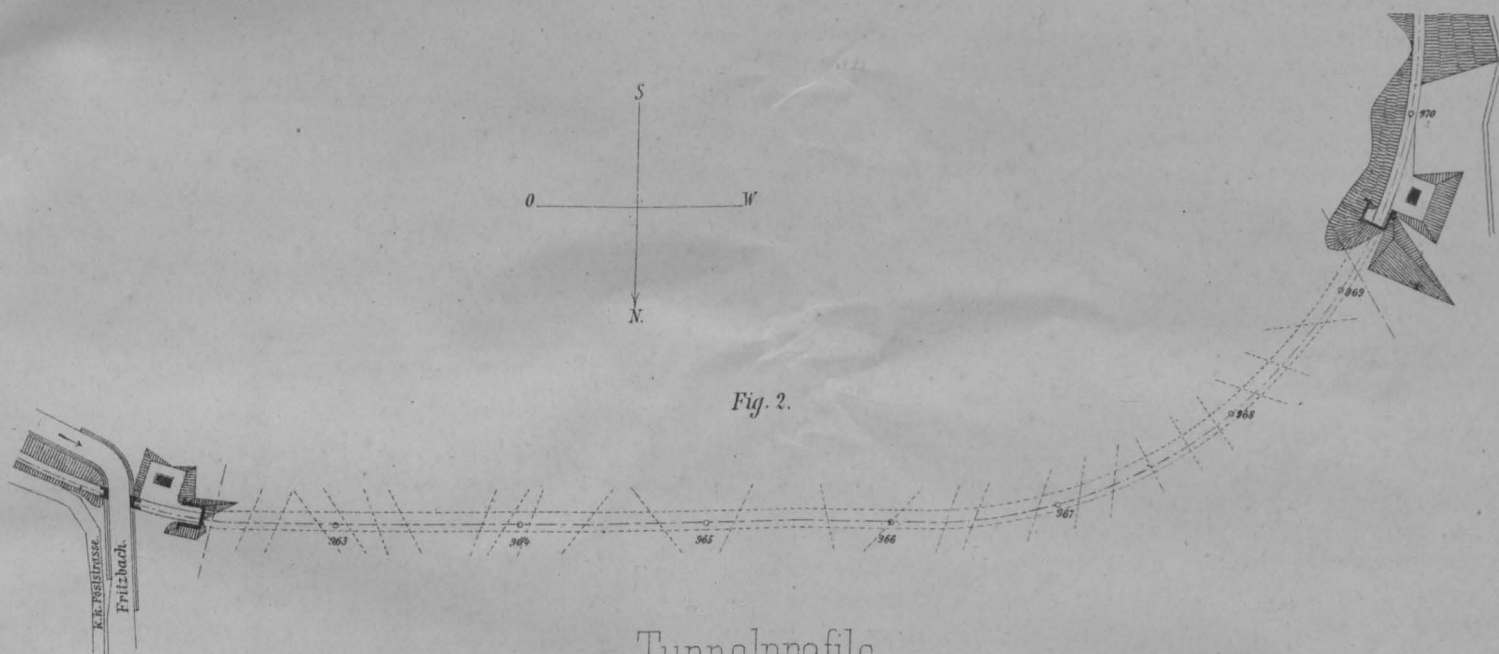
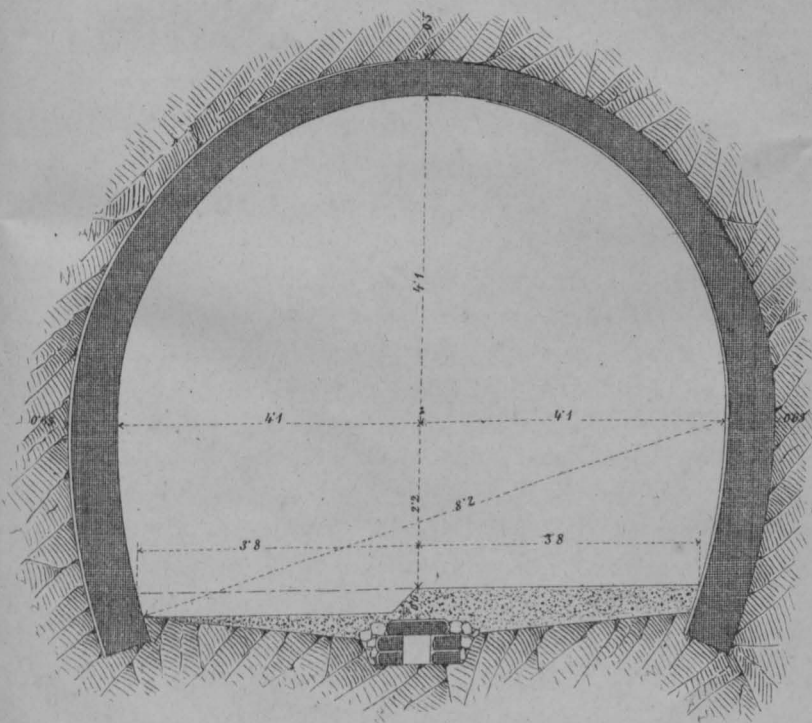


Fig. 2.



*Fig. 3.*



*Fig. 4.*

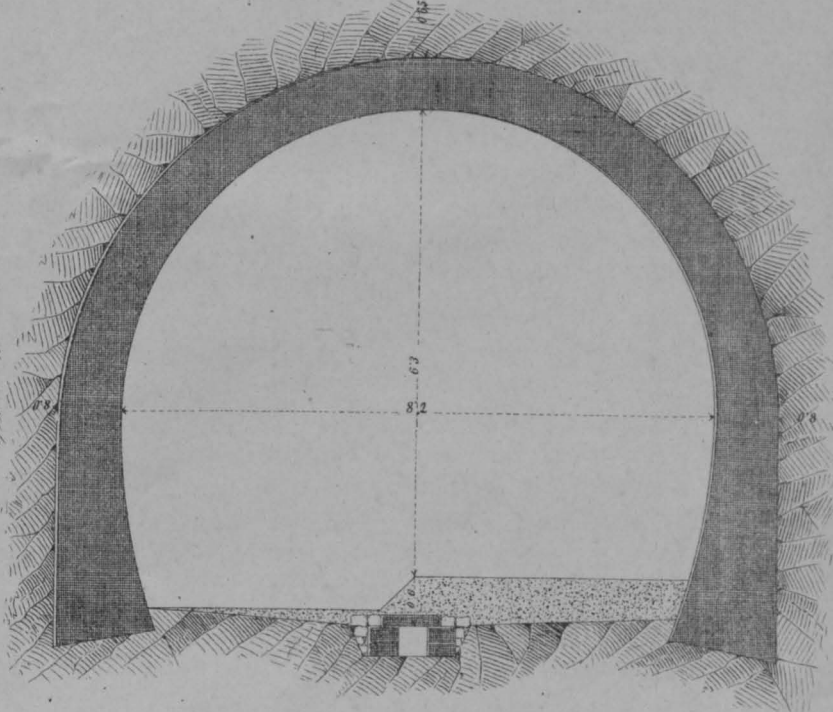








Fig. 11. Schnitt ij.

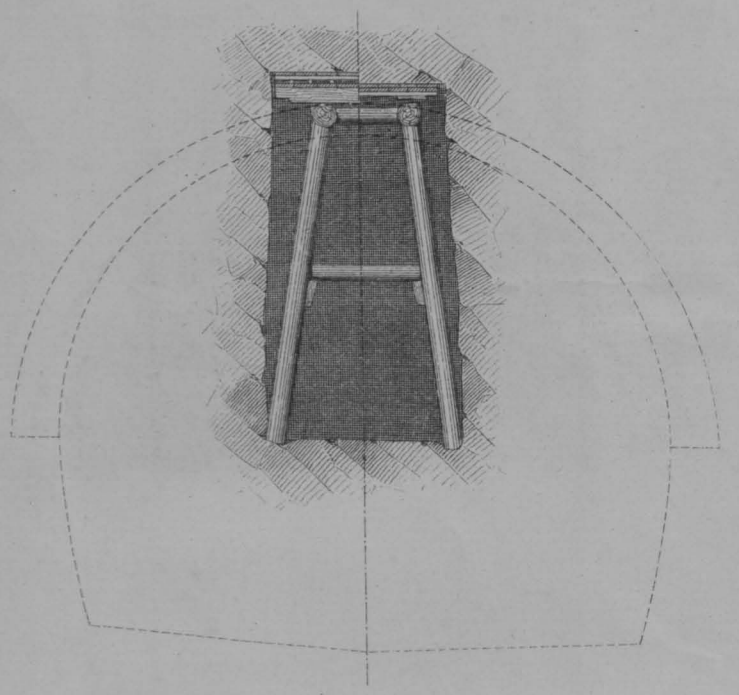


Fig. 12. Schnitt kl.

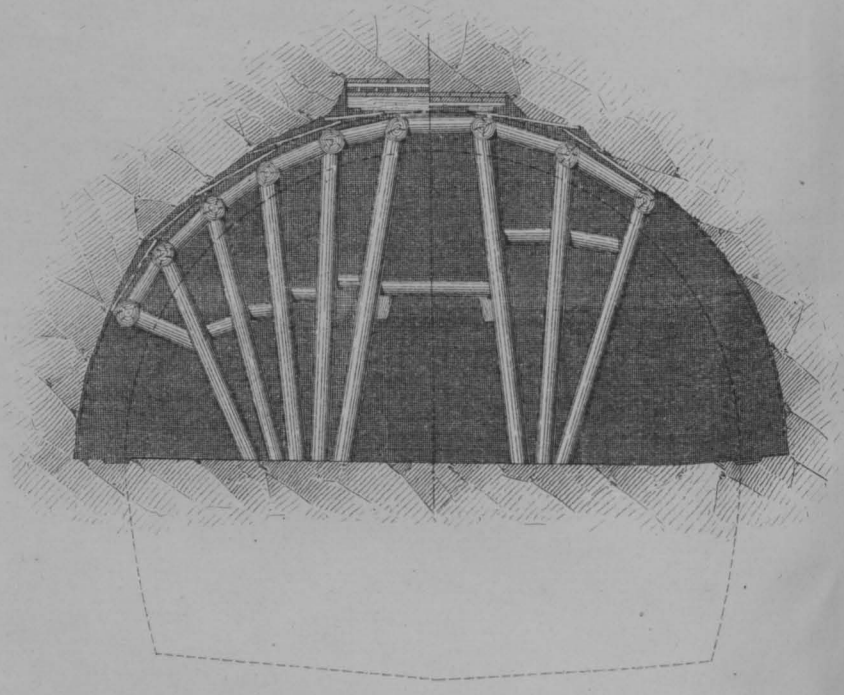


Fig. 13. Schnitt mn.

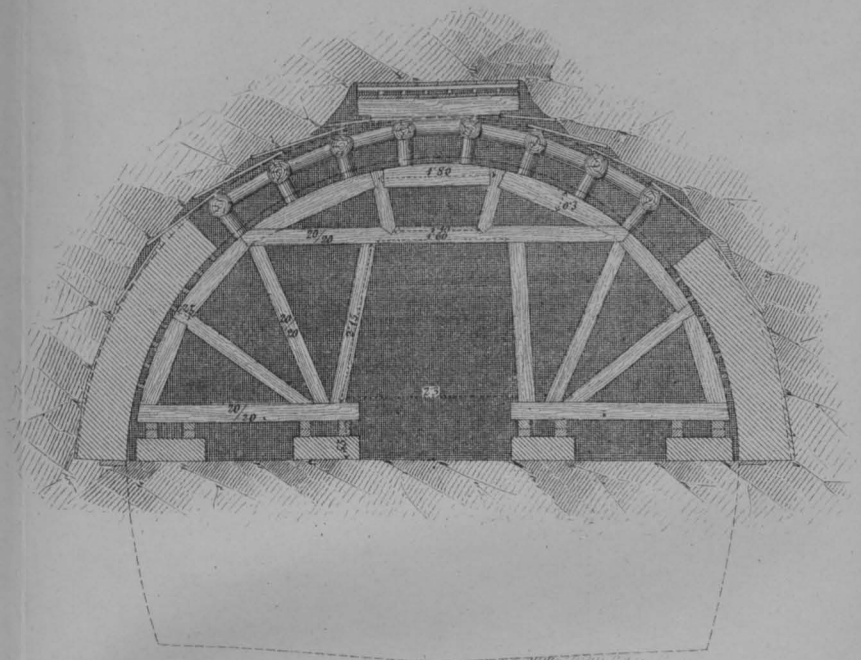


Fig. 14.

Schnitt op.

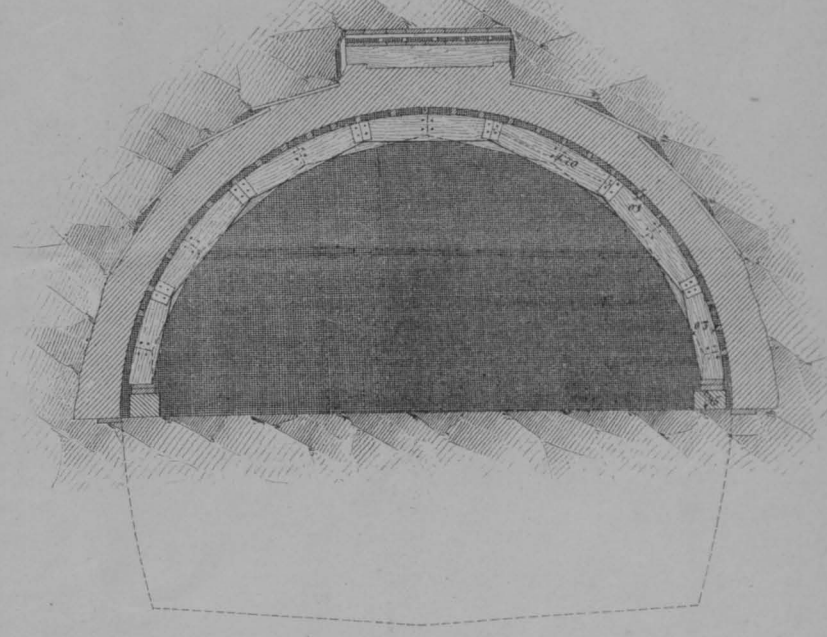


Fig. 15. Schnitt qr.

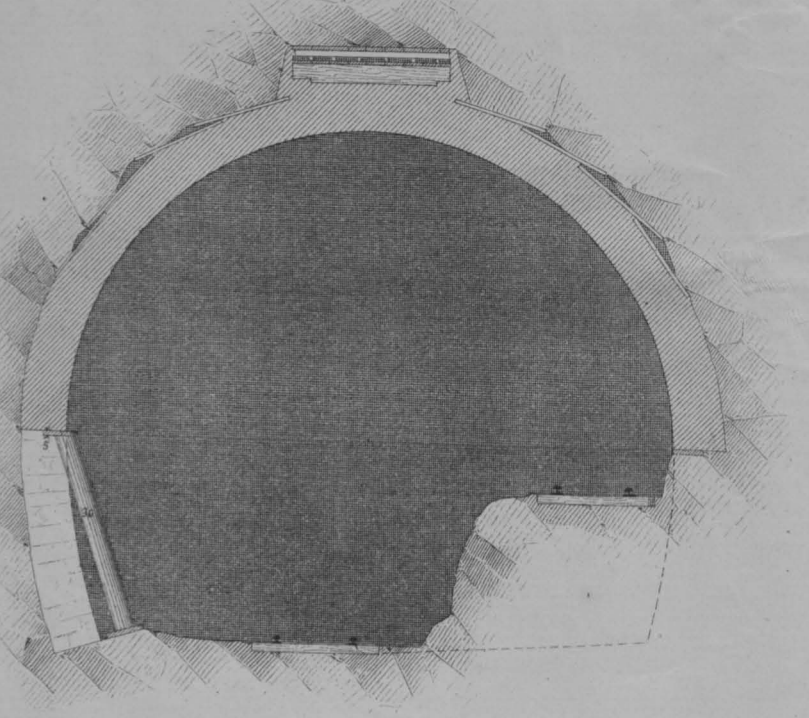


Fig. 16. Schnitt st.

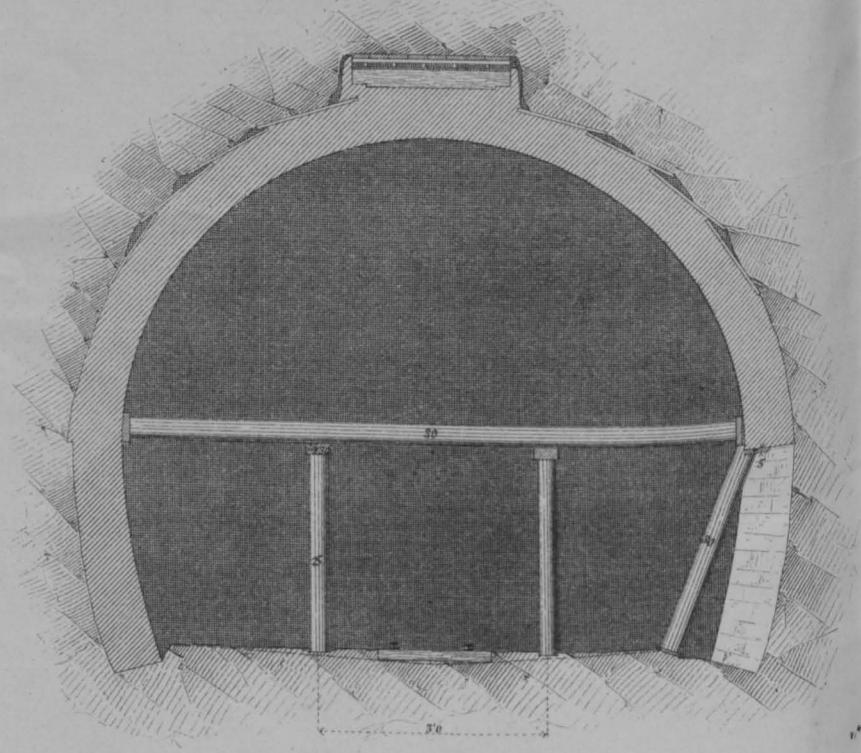


Fig. 17.

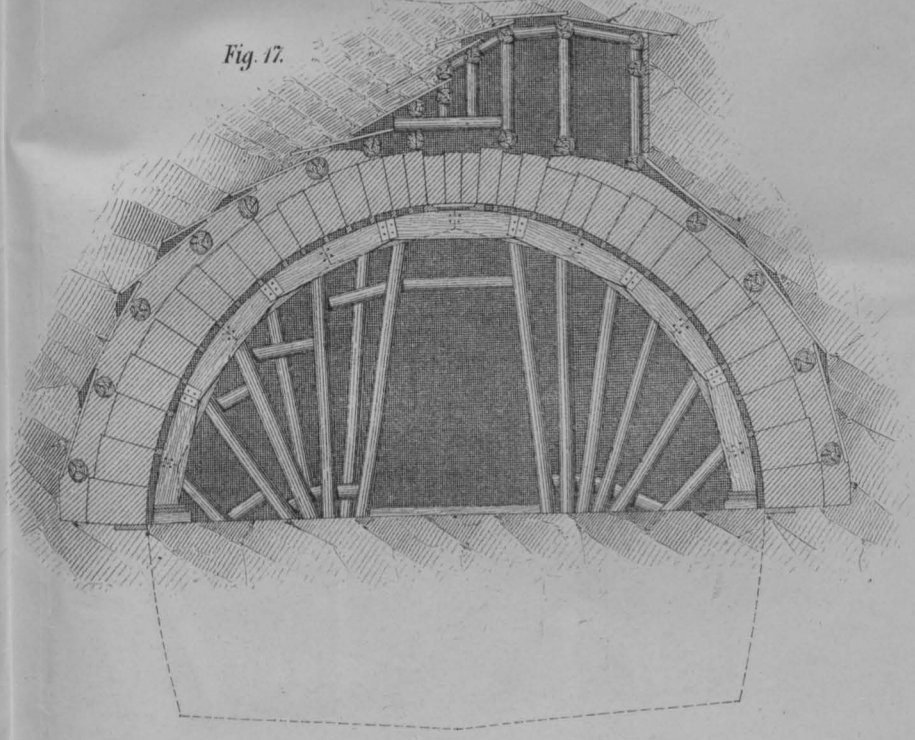


Fig. 18.

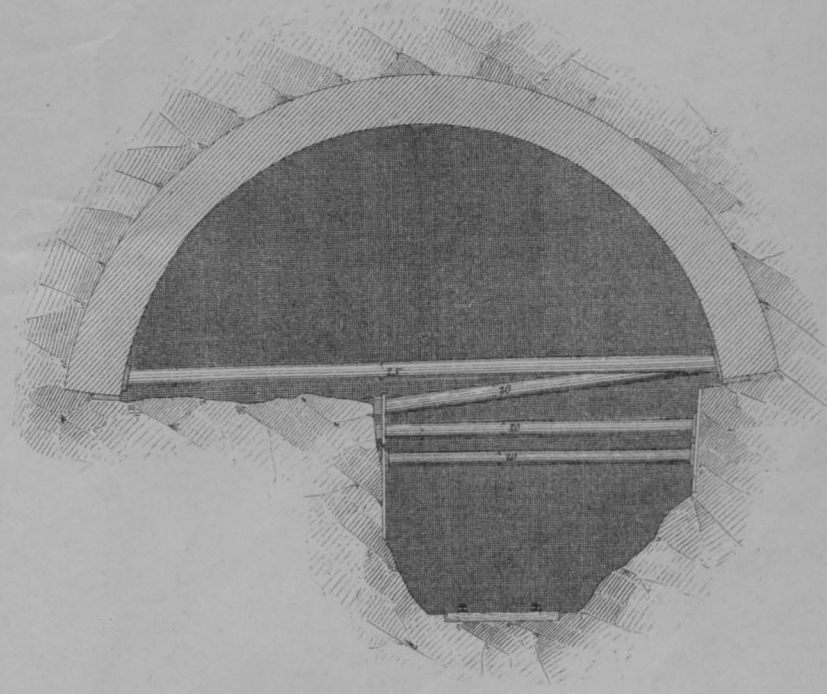
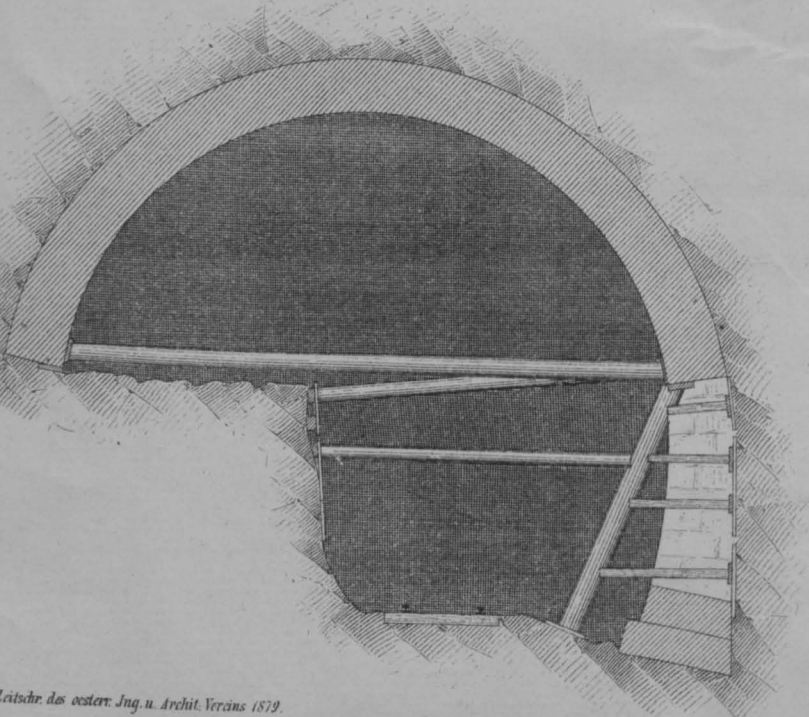


Fig. 19.



M. 1:100

Fig. 20.

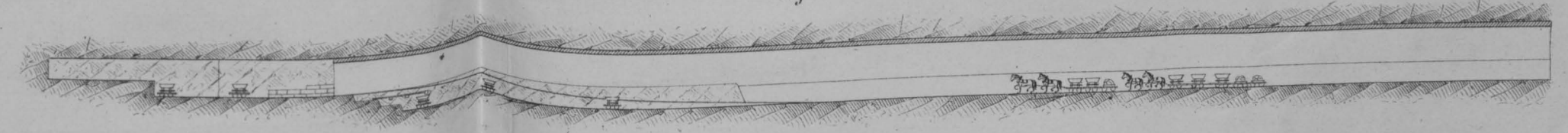
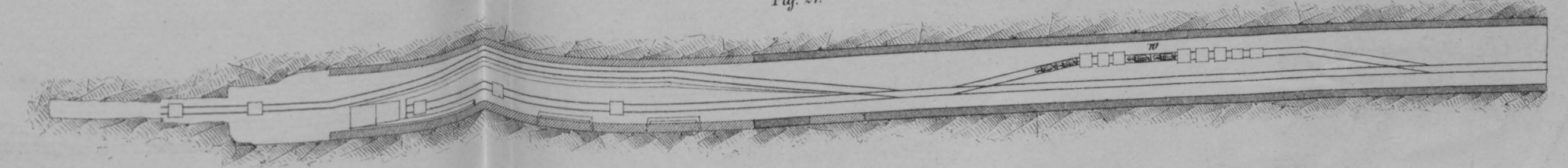


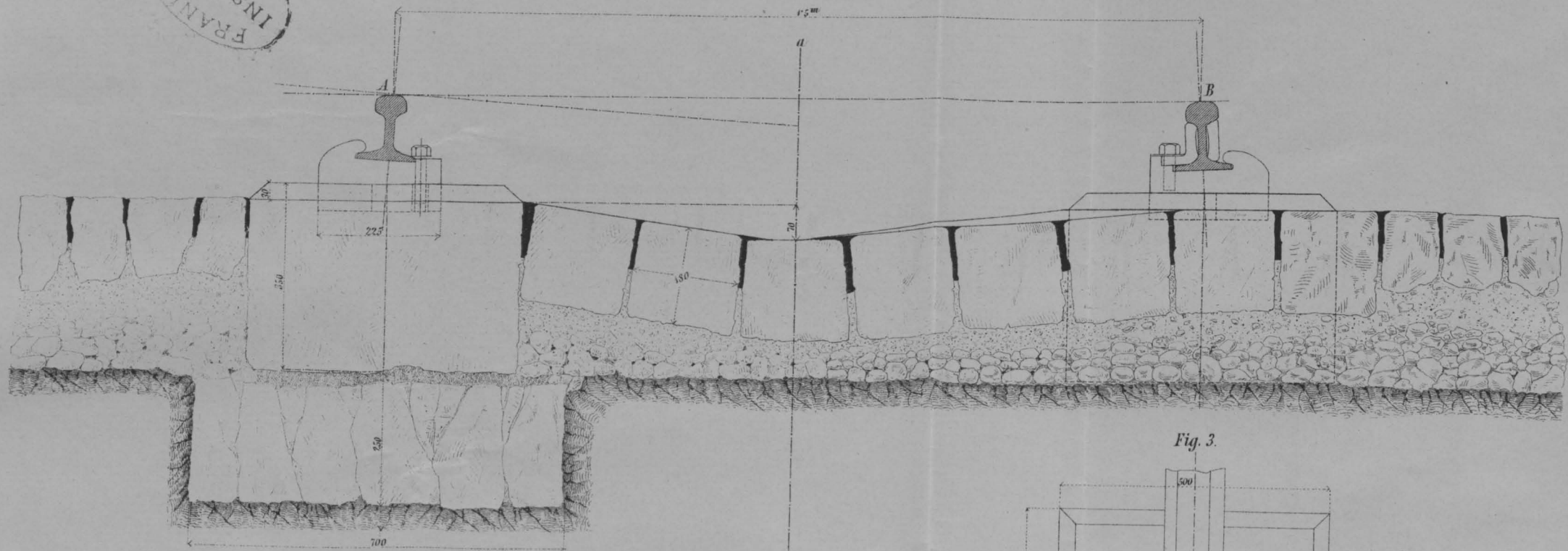
Fig. 21.



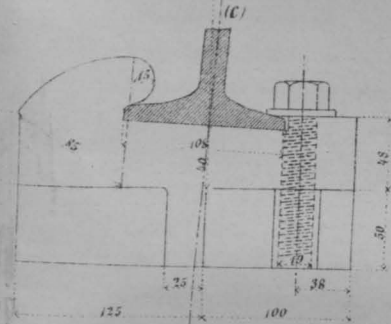


Schnitt ab.

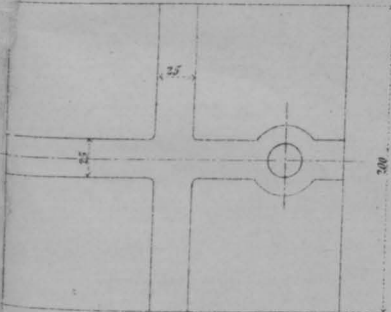
Fig. 1.



Gußstuhl A.  
Ansicht Fig. 7.



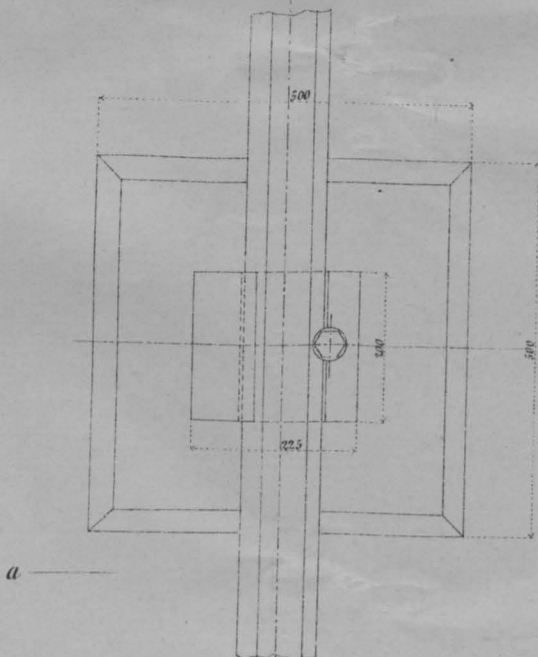
von unten Fig. 8.



von oben Fig. 9.



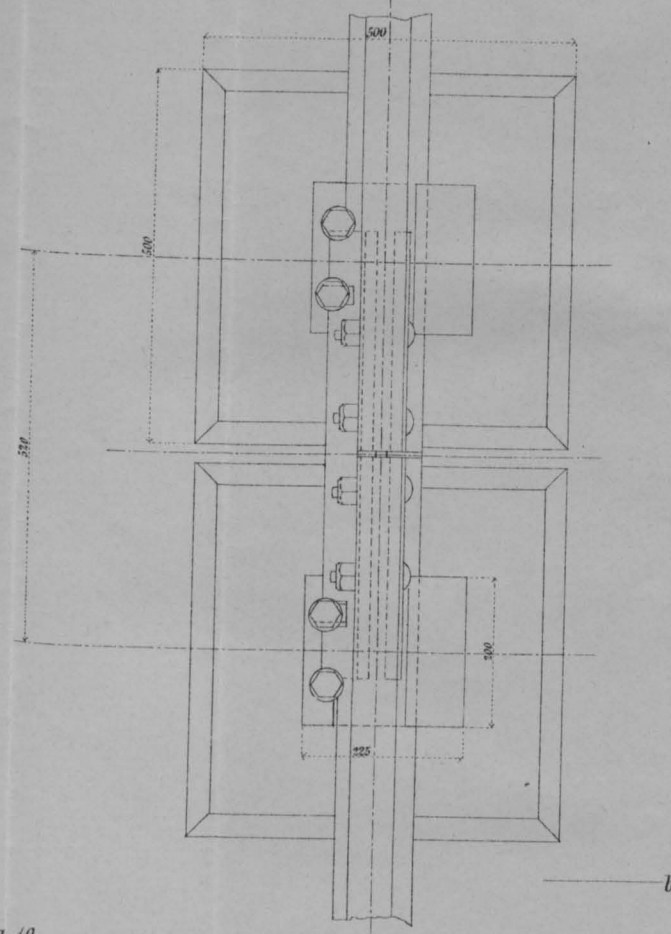
Fig. 2.



Grundriss.

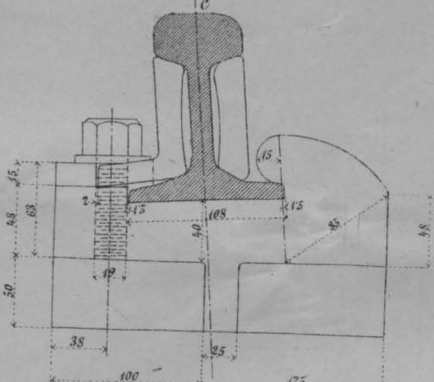
(a)

Fig. 3.

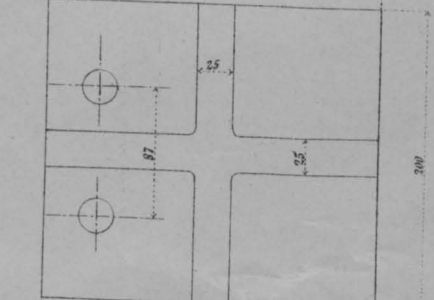


b

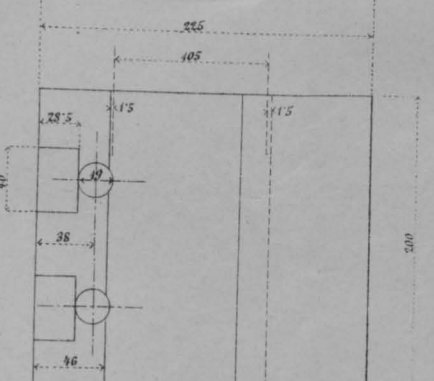
Gußstuhl B.  
Fig. 4.



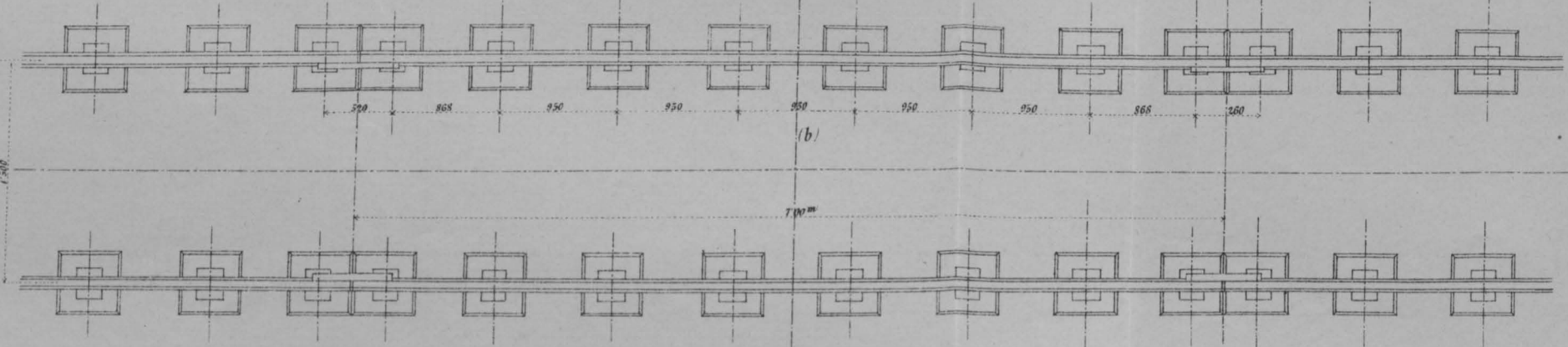
von unten Fig. 5.



von oben Fig. 6.



Steineintheilung für 7<sup>m</sup> Schienentlänge. Fig. 10.



(b)

7<sup>m</sup>